N° 3 15 FÉVRIER 1932

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : Louis OLIVIER (1890-1910) — Directeur : J.-P. LANGLOIS (1910-1923)

Directeur : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Ch. DAUZATS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suede, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences physiques.

L'utilisation indirecte de la chaleur solaire.

M. P. Gandillon, à propos de notre Information ayant paru sous le titre ci-dessus (31 décembre) nous signale qu'il a été le premier à formuler la solution par lui adoptée, et ajoute qu'il l'a présentée à l'Académie des Sciences le 6 juillet 1925, par conséquent *avant* l'architecte allemand et l'ingénieur anglais : Dont acte... Mais que n'indiquait-il la chose dans son mémoire au Congrès de Génie Civil...

V.

***

Production d'ions positifs à très grande vitesse sans employer de très hauts voltages.

On sait quel intérêt s'attache à la production d'ions positifs animés de très grandes vitesses. Les rayons α ne sont autre chose que des ions positifs d'hélium à charge double, et les vitesses énormes qu'ils possèdent leur sont imparties par les très grandes différences de potentiel qu'ils franchissent lors de la désintégration du noyau qui les émet. Grâce à leur charge et à leur vitesse, les rayons α possèdent une énergie suffisante pour produire à leur tour par choc contre un atome léger des effets de désintégration plus ou moins puissants. Il est à présumer que ces effets seront plus faciles à étudier le jour où nous saurons produire, autrement que par radioactivité, des ions atomiques extrêmement rapides.

On peut songer à résoudre directement le problème en réalisant des voltages très élevés, de l'ordre même des voltages intra-atomiques, c'est-à-dire de l'ordre des millions de volts. Nos lecteurs savent que des progrès importants ont été obtenus dans cette direction par Coolidge, Lauritson, Tuve, Brasch et Lange, Cockroft et Walton, Van de Graaff et leurs collaborateurs. Mais la réalisation et surtout le maniement de voltages supérieurs à un million de volts demeurent encore assez loin de nos possibilités pratiques. Aussi faut-il se féliciter de voir que Sloan et Lawrence[1] ont imaginé un dispositif nouveau qui, sans dépasser nos moyens usuels de laboratoire, permet d'accélérer des ions positifs sous le potentiel de 1.260.000 volts, et semble susceptible d'être perfectionné jusqu'à atteindre 10 millions de volts.

L'idée essentielle, déjà suggérée par Wideroe en 1929, consiste à partir d'une différence de potentiel élevée, mais encore parfaitement maniable, telle que 25.000 volts, par exemple, et à amplifier l'action de ce potentiel en lui permettant d'accélérer plusieurs fois de suite le même faisceau d'ions positifs. Il suffit pour cela d'utiliser un potentiel oscillant de très haute fréquence qui est établi alternativement en sens inverse sur une série de condensateurs traversés par le faisceau. Si les connexions sont faites de telle sorte que le temps mis par les ions positifs pour parvenir d'un condensateur au suivant soit exactement d'une demi-période, à chaque passage, les ions recevront des accélérations de même

1. Sloan et Lawrence : *Physical Review*, t. XXXVIII, p. 2021, 1931.

signe : la vitesse finale sera multipliée par le nombre des condensateurs. Si ces condensateurs ou « accélérateurs » sont au nombre de 30, et si le voltage initial est de 42.000 volts, l'énergie finale des ions positifs correspondra à une chute de tension de 1.260.000 volts.

La réalisation de cette idée a été obtenue par Sloan et Lawrence au moyen d'un dispositif intéressant, où les condensateurs accélérateurs sont constitués par des tubes métalliques de 5 mm. de diamètre et de quelques centimètres de longueur, cette dernière allant en croissant comme la racine carrée des nombres entiers d'un bout à l'autre du système. Les tubes, exactement centrés sur le même axe, sont reliés alternativement aux deux extrémités de la self d'un oscillateur à lampes de 20 kw., fonctionnant sous 45.000 volts et donnant 42 mètres de longueur d'onde. L'ensemble des tubes, dont la longueur totale atteint 114 cm., est enfermé dans un tube de verre bien vidé. Ce tube communique à une de ses extrémités avec une lampe à mercure à cathode incandescente qui fournit le faisceau des ions positifs, à l'autre extrémité avec le récepteur électrostatique permettant la mesure du nombre et de la vitesse des ions. Les courbes de charge obtenues avec le récepteur donnent une idée de l'homogénéité du faisceau et de l'efficacité du système accélérateur. Un grand soin doit être apporté au centrage initial du faisceau et au réglage de la phase quand on passe d'un tube accélérateur au suivant. Moyennant les précautions qu'ils indiquent, MM. Sloan et Lawrence ont obtenu effectivement des ions mercure simplement chargés et possédant une énergie supérieure à un million de volts. Rien ne s'oppose, d'après eux, à ce que cette méthode soit étendue à des ions à charge multiple et à des potentiels atteignant 10.000.000 de volts.

L. B.

***

Etude expérimentale des forces électromotrices de dissolution.

Si l'on considère une chaîne élémentaire formée de deux conducteurs métalliques A et B entre lesquels est interposé un conducteur électrolytique C, on observe que la cellule ainsi constituée est le siège d'une certaine force électromotrice E. Cette force électromotrice dépend des constituants de la chaîne et des conditions générales de l'expérience, notamment de la température. On peut la regarder comme la somme algébrique de deux forces électromotrices e_1 et e_2 propres à chacun des conducteurs métalliques A et B en présence du conducteur électrolytique C et qui seraient leurs forces électromotrices de dissolution. Si l'on fait varier A, les autres éléments de la chaîne restant constants, la force électromotrice mesurée E variera comme e_1 et pourra être considérée comme définissant, à une constante près, cette force électromotrice de dissolution.

On s'est demandé depuis longtemps si une mesure de ce genre ne serait pas susceptible de donner, sur la nature du conducteur étudié, des renseignements intéressants. Récemment M. Marcel Prot[1] a précisé les conditions d'applications de cette méthode, en réalité très délicate.

On peut mesurer cette force électromotrice soit par la différence de potentiel statique de la chaîne en circuit ouvert soit par le courant auquel elle peut donner naissance.

Il importe de signaler tout d'abord que, dans le cas des mesures statiques, l'équilibre est très difficile à obtenir dans tous les cas où l'un des conducteurs métalliques considérés n'est pas parfaitement homogène; les différents constituants du métal plongé dans l'électrolyte forment alors des éléments locaux de pile en court-circuit qui se dissolvent ou se polarisent, ce qui modifie rapidement l'équilibre initial. D'autre part, l'électrolyte peut attaquer les métaux étudiés, même s'ils sont parfaitement homogènes, soit par suite de la présence, pratiquement inévitable, d'impuretés parfois fort actives, de gaz dissous, d'acide ou de base libres, ou par suite de la formation de sels complexes. Aussi semble-t-il préférable de ne pas s'attacher à rechercher un équilibre rigoureux, à peu près impossible à réaliser et d'une signification peu précise, mais plutôt d'enregistrer la force électromotrice par le courant qu'elle est susceptible de produire. Telle est la méthode qu'a principalement suivie M. Prot.

L'auteur a ainsi constaté qu'en dehors de cas tout à fait exceptionnels, la courbe définissant la force électromotrice mesurée en fonction du temps n'est pas une simple parallèle à l'axe des temps; aussi ne saurait-on caractériser sans ambiguïté cette force électromotrice par une valeur unique.

L'amplitude de la variation de la force électromotrice est, en général, plus grande pour les métaux très hétérogènes plongés dans des électrolytes qui les attaquent fortement, mais on l'observe encore, et elle est même parfois notable, avec les métaux purs.

Lorsqu'on opère sur une chaîne déterminée, les courbes enregistrées au cours de divers essais sont sensiblement identiques, sauf quelques anomalies imputables à l'hétérogénéité des échantillons étudiés. Aussi peut-on songer à utiliser la méthode de mesure précédente d'une force électromotrice pour caractériser la chaîne qui la fournit.

On sait, d'après la loi de Nernst, que la force électromotrice d'un métal s'élève très rapidement par l'addition de quantités, même extrêmement faibles, d'un métal plus soluble. Les mesures faites par l'auteur sur les amalgames montrent que, dans certaines limites, cette variation suit une loi logarithmique. Il en résulte qu'une mesure de force électromotrice, à partir du moment où elle peut être considérée comme définie, constitue un moyen sensible de déceler la

1. *Thèse*, Paris, 1931.

présence d'une impureté insoluble dans un métal noble.

La mesure des forces électromotrices de dissolution apparaît comme une méthode de choix pour l'étude de la corrosion des métaux. La force électromotrice résulte, en effet, de la réaction entre le métal et l'électrolyte, réaction qui constitue proprement une corrosion.

L'auteur signale, à ce propos, l'influence des traitements thermiques sur la force électromotrice; il en résulte qu'une tôle de composition chimique homogène, mais n'ayant pas eu en toutes ses parties la même histoire thermique, peut présenter une hétérogénéité susceptible d'aggraver sérieusement sa corrosion.

A. B.

*
**

Le rôle de certaines substances azotées dans la décomposition des sucres par la levure.

On a supposé depuis longtemps que le métabolisme (synthèse et dégradation) des sucres dans les organismes animaux et végétaux doit être quelque part en rapport avec l'attaque de substances azotées. On a cru d'abord que c'est le sucre dont la combustion fournissait l'énergie nécessaire à la dégradation des corps albuminoïdes dans l'organisme. De nos jours, on incline plutôt vers l'hypothèse opposée; Knoop, en particulier, a émis l'opinion que la vieille conception de la « combustion de l'albumine au feu des hydrates de carbone » doit être renversée, et il attribue aux amino-acides une action fermentative à une certaine phase de la dégradation du sucre.

Deux savants autrichiens, M. F. Zuckerkandl et Mme L. Messiner-Klebermass, viennent d'apporter la preuve directe de l'attaque de substances azotées dans la dégradation du sucre[1].

Les beaux travaux de Lundsgaard d'une part, et de Barrenscheen, de l'autre, ont montré qu'une suspension de levure dans une solution très diluée d'acide iodacétique perd la faculté de faire fermenter le glucose, sans mourir cependant. Mais si l'on ajoute à une telle suspension certaines amines aromatiques, ou d'autres substances azotées, le sucre disparaît au bout de 6 à 24 h. en donnant comme produit de dédoublement de l'alcool ou de la glycérine suivant la nature de l'amine ajoutée.

Seules présentent cette propriété de dégrader le sucre les amines capables de former des groupes iminés stables : ainsi la paraphénylène-diamine, l'aniline, la tyrosine. Lorsque les H amidiques ou les positions para sont substitués, ce qui empêche la formation d'imines, les substances résultantes n'agissent plus sur la dégradation du sucre : tel est le cas de la diméthylaniline, de la *p*-toluidine, de la *p*-nitraniline, qui n'ont aucune influence sur le glucose.

1. *Anzeiger der Akad. der Wiss. in Wien, Math. naturwiss. Klasse*, 1931, n° 16, 2 juillet.

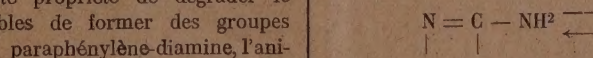
On peut se représenter le mode d'action des imines sur le glucose à la façon d'une déshydratation. Neuberg admet qu'une molécule de glucose, après élimination de 2 mol. d'eau, se scinde en 2 mol. de méthylglyoxal. Ici la zymase de la levure agit comme ferment de dédoublement.

On sait d'autre part que la zymase, par simple lavage, se décompose en deux parties, dont l'une, l'apozymase, reste inséparable de la levure et constitue un vrai ferment, tandis que l'autre, qui passe en solution aqueuse, la cozymase, est une combinaison thermo-stable, dont le constituant actif, d'après les travaux de Neuberg, Euler et Mayerhof, est un adénylnucléotide. L'apozymase seule ne peut faire fermenter le sucre; la fermentation ne commence qu'après l'addition de l'extrait aqueux de cozymase. L'adénylnucléotide de la cozymase contient de l'adénine, qui peut agir sous la forme tautomère de diimine.

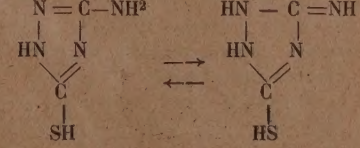
D'après les auteurs, et suivant une vue déjà exprimée par Barrenscheen, le mode d'action de l'adénylnucléotide est voisin de celui des substances iminogènes qu'ils ont étudiées. Par oxydation l'amine est transformée en imine. Le groupe imine soustrait de l'eau au glucose et se transforme en oxyamine. Cette dernière, par départ d'eau, revient à l'état d'imine, qui peut agir de nouveau sur le glucose. Le processus se poursuit donc catalytiquement, et il suffit de très petites quantités d'imine pour dégrader tout le sucre.

On sait, d'après Barrenscheen, que l'acide iodacétique agit sur la levure en détruisant le co-ferment et empêchant ainsi la fermentation. Le même savant a aussi montré que l'acide glucosemonophosphorique, qui apparaît comme produit intermédiaire dans la dégradation physiologique normale du sucre, ne peut être fermenté par la levure empoisonnée par l'acide iodacétique. Il s'ensuit que l'introduction d'un reste acide phosphorique ne suffit pas à provoquer la décomposition du glucose en 2 restes à 3 atomes de carbone. L'acide glucose-monophosphorique a encore besoin, pour fermenter, de l'attaque du co-ferment, qui est ici détruit par l'action de l'acide iodacétique. Mais les amines iminogènes introduites par les auteurs remplacent le co-ferment détruit et rétablissent la faculté fermentative de la levure malgré l'empoisonnement par l'acide iodacétique.

Les auteurs apportent une confirmation frappante de leur hypothèse par le fait suivant : si c'est bien le groupement



qui est actif dans le co-ferment, alors l'aminothiotriazol :



qui renferme ce groupement, doit agir aussi. Or l'expérience a montré que cette substance a une action très efficace et fait disparaître rapidement le sucre.

L. B.

§ 2. — Sciences naturelles.

L'influence des divers charbons sur la croissance des plantes.

M. le Professeur V. Vouk, de Zagreb, a présenté à l'Académie des Sciences de Vienne[1] d'intéressantes expériences sur l'influence des charbons sur la culture des plantes. On sait que le charbon de bois a déjà été employé en mélange avec le terreau dans certaines cultures maraîchères; l'auteur a étendu cette pratique à d'autres cultures, puis il a encore élargi le champ de ses expériences en utilisant diverses sortes de lignites, et enfin de houille. Voici les principaux résultats qu'il a obtenus :

1° L'addition de charbon de bois à la terre en proportion supérieure à 10 % en volume a toujours agi d'une façon inhibitrice sur la croissance des plantes en essai. L'addition de 5 à 10 % de charbon de bois à la terre a provoqué dans certains cas une augmentation de croissance (*Hordeum*, *Cichorium*, *Sinapis*), avec un rendement supérieur de 10 %, dans d'autres cas, elle s'est montrée sans action (*Linum*, *Polygonum*).

2° L'addition de lignite à la terre dans la proportion de 50 % exerce sur la croissance de certaines plantes (*Sinapis*, *Linum*, *Polygonum*) une action si favorable que dans quelques cas le rendement en substance sèche a augmenté de 100 %.

3° L'action favorisante du lignite se traduit principalement par une production plus grande de feuilles et un verdissement plus intense, donc une formation plus grande de chlorophylle.

4° Sur d'autres plantes, des Légumineuses, l'addition de lignite à la terre agit d'une façon faiblement favorable sur la croissance (*Soja*) et même inhibitrice (*Phaseolus*). Les plus fortes doses, 50 à 100 %, ont une influence nuisible, qui se traduit par le desséchement des bords des feuilles.

5° L'addition de houille à la terre exerce sur la croissance du *Sinapis alba* à peu près la même action que celle du charbon de bois.

En ce qui concerne l'action favorisante sur la croissance de l'addition de lignite, M. Vouk, contrairement à l'opinion de Kissel, croit que les propriétés physiques du sol modifié par le mélange (mobilité, aération, capacité pour l'eau, régulation de la température) ne jouent qu'un rôle subordonné. Les constituants minéraux du lignite n'ont également aucune valeur nutritive apparente pour la plante, pas plus que les substances humiques du charbon, qui n'ont peut-être qu'une action secondaire et indirecte comme excitant de l'activité physiologique de certaines bactéries.

L'action favorisante de certains lignites serait plutôt due à l'utilisation des substances azotées qu'ils contiennent. L'engrais carboné serait donc un engrais azoté indirect.

Cette hypothèse s'appuie surtout sur l'action négative du lignite sur la croissance des Légumineuses (*Phaseolus*). La formation des nodosités radiculaires serait empêchée dans ce cas, ce qu'on peut attribuer à l'action de l'azote.

M. Vouk développe également l'hypothèse générale suivante : les substances humiques des lignites sont progressivement décomposées par les excreta des racines des plantes ou peut-être aussi par les microorganismes du sol; l'ammoniaque adsorbée colloïdalement sur les acides humiques est mise en liberté, et finalement transformée par les processus de nitrification en nitrates utiles aux plantes.

Les lignites favorisant la croissance ne trouveront guère d'emploi dans la grande culture, mais ils peuvent se montrer très utiles dans la culture maraîchère.

L. B.

*
**

La forêt en feu.

Il existe des calamités périodiques, en quelque sorte rituelles, sur lesquelles on peut compter, revenant régulièrement à leur saison : les accidents de la route, s'étalant sur une période fort longue, de Pâques à la Toussaint, les noyades et les accidents de montagne, qui sont du plein été; les inondations, qui paraissent plus capricieuses; les feux de forêt enfin, qui, en France, ne font jamais défaut et s'éparpillent sur l'été et l'automne, principalement dans le Midi où ils constituent une institution régionale.

Tandis que le Nord a succombé sous le poids de pluies, calamiteuses pour l'agriculture, l'été dernier le Midi, lui, a connu une sécheresse, calamiteuse elle aussi, pour la forêt, pour ce qu'il en reste, du moins, qui diminue d'année en année. Et les incendies ont recommencé : ils continueront tant qu'il restera quelque chose à brûler, ce qui ne sera pas bien long. Car ce sont souvent des milliers d'hectares qui disparaissent dans le brasier, et nul ne songe à reboiser.

Le mal ne date pas d'hier, mais il a pris une intensité beaucoup plus considérable avec le progrès des lumières.

Dans les « Débats », Leucotès, archéologue éminent, citait, il y a quelques années, un passage du « Voyage dans les départements du Midi de la France », publié en 1807, de Millin. Celui-ci citait comme causes, l'intervention des gardiens et propriétaires de troupeaux de chèvres, mettant le feu aux broussailles pour fertiliser la terre et engraisser les pâturages, ou bien d'autres particuliers mettant le feu encore, pour soumissionner ensuite à beau prix, les terrains incendiés pour les défricher. Mais, dit Leucotès, avec ironie, ce qui a pu se passer en 1807 est évidemment impossible aujourd'hui. « Si des incendies volontaires avaient été constatés dans un pays aussi policé que le nôtre,

les coupables eussent été châtiés, sans aucune considération électorale ou autre. Evidemment... »

A quoi tiennent les incendies de forêts dont la Côte d'Azur détient le monopole?

La question est fort complexe. Il n'y a pas à invoquer la foudre qui, elle, constitue la cause principale des incendies de forêts aux Etats-Unis. Assurément, il est loisible d'incriminer les fumeurs : ils ont bon dos. Mais n'y a-t-il de fumeurs que dans les forêts méridionales? Cela surprendrait. Même observation en ce qui concerne les chasseurs et les braconniers. Il semble bien que les incendies se fassent plus fréquents après l'ouverture de la chasse : mais en 1931 les incendies ont devancé l'ouverture. Les braconniers? Mais nul n'est plus intéressé qu'eux à ne pas faire brûler la forêt qui les fait vivre. Un braconnier doit être particulièrement sur ses gardes contre l'accident incendie. Au fond, il doit avoir une âme de pompier.

Le feu peut-il prendre tout seul? Il semble bien que l'incendie spontané des meules de foin soit possible. Dans l'excellente revue « Matériaux pour l'Etude des Calamités », revue d'actualité quotidienne à qui la matière ne manque jamais, G. Laupper (nº 10, 1926) a fourni une théorie de cette combustion spontanée et des précautions à prendre pour l'éviter, pour empêcher la fermentation.

A coup sûr, en tout cas, il y a des conditions favorisant les incendies : la chaleur et la sécheresse avant tout. Les incendies sont fort rares les années pluvieuses. Il y a encore, manifestement, une condition qui vient en aide à la chaleur et à la sécheresse. C'est le vent. Le mistral joue un rôle évident, et pendant qu'il souffle les feux se multiplient; il les attise et les répand. Il ne les crée pas toutefois. Est-ce bien sûr? Il le pourrait peut-être. Une note intéresssante du « Geographical Journal » d'avril 1914, rappelle que cette possibilité a été affirmée par divers voyageurs : elle cite le témoignage précis d'un voyageur qui a vu s'enflammer spontanément, à côté de lui, un buisson. Par quel mécanisme? On n'en discerne qu'un : le frottement de branches sèches l'une contre l'autre sous l'action du vent. Et ce seraient des accidents naturels, et possibles, de ce genre qui auraient enseigné l'art de produire le feu par friction de deux morceaux de bois bien sec. L'observateur britannique qui a été témoin de l'embrasement soudain d'un buisson à côté de lui, aux environs de Hong-Kong, par temps venteux, M. E. J. Eldridge, a remarqué que le feu paraissait naître dans un amas de feuilles mortes à l'aisselle des branches.

Ce mode de production d'un incendie de forêt n'est pas absolument impossible.

Et il peut arriver à des morceaux de bouteille de jouer le rôle de lentille, et de mettre le feu. Mais pas sous les arbres, évidemment. J. Dybowski a (« La Nature », 22 mars 1924) vu une carafe sphérique provoquer l'ignition d'une nappe. Et en 1909, le « Spectator » a publié une note (14 août) d'un correspondant qui a vu se produire un commencement d'incendie de feuilles mortes, très sèches, à côté d'une bouteille, dans une lande.

Le facteur humain, toutefois, joue un rôle plus considérable sans doute dans la genèse des incendies de forêt. Le vent fait que les promeneurs usent plus volontiers de tisons pour fumer, et le tison est plus dangereux que l'allumette, à coup sûr.

Le même vent fait qu'un contre-feu, allumé par mesure de précaution, se répand et s'échappe, et celui qui a eu recours à cette mesure de protection ne s'en vante pas.

Il paraît bien que la malveillance et l'intérêt sont souvent de la partie : c'est un peu de la faute de la législation et des usages. Intérêt, malveillance, imprudences surtout, voilà sans doute les causes principales des incendies de forêt. Encore ne jouent-elles que si les circonstances sont favorables : sécheresse prolongée, chaleur, vent.

Alors, n'y aurait-il rien à faire? Du tout. Une forêt entretenue ne brûle pas. La foudre elle-même ne met pas le feu aux arbres. Ce qui prend feu est le sous-bois, l'amas de feuilles mortes, de bois mort, de fougères desséchées, de plantes basses, etc. Une forêt nette, entretenue, qu'on n'abandonne pas à ses propres inspirations ou à la sollicitude de la providence ne prend pas feu. Et dans les pays — Canada, Allemagne, etc. — où l'on fait la toilette des forêts, celles-ci ne brûlent pas. Ce sont les sous-bois, les bois morts, les amas de feuilles et le reste qui causent leur perte, bien inutile et lamentable : car c'est une fort belle chose qu'une forêt dans les contrées affligées par la sécheresse et la chaleur!

La question des incendies de forêts a été portée à la tribune de la Chambre, en décembre, par un député des Bouches-du-Rhône. On ne peut pas dire que ç'ait été de façon bien utile. Car pour le député en question il n'y a qu'un coupable : ce sont les chemins de fer qui mettent le feu aux forêts du Midi. Il oublie les nombreux cas où le feu prend au milieu de la forêt, fort loin de la voie. Il oublie qu'il y a des forêts, chaque jour traversées par des voies ferrées, qui ne prennent que très rarement feu. Il ne se rend pas compte du rôle capital, d'une part des conditions météorologiques, de l'autre, de l'imprudence des promeneurs ou chasseurs. Et il trouve plus commode de tout mettre sur le dos du chemin de fer, pour leur faire payer les dégâts. Ce qui est démocratique et simple. Il y aurait bien un remède, dit-il : l'électrification des chemins de fer traversant des massifs boisés. Il serait naïf de croire que cette électrification supprimerait les incendies de forêt. Ceux-ci continueront, résultant des conditions météorologiques, et de la mentalité humaine, régionales.

V.

*
**

Le relief du sol sous-marin.

Ce titre eût paru illusoire il y a une vingtaine d'années. On ne connaissait alors que des séries de

sondages limitées aux côtes d'une part, aux trajets des câbles télégraphiques d'autre part, celles-ci répondant aux besoins de la navigation, celles-là à la nécessité de placer convenablement les milliers de kilomètres de fil reliant les continents.

Les sondages en eau profonde étaient fort onéreux par la durée de chacun d'eux, plusieurs heures. Ils étaient douteux, en raison de la dérive du bateau pendant l'opération, puisque la position en mer ne peut être évaluée qu'à une minute près; douteux aussi parce que le câble pouvait être incliné par diverses causes : courants et surtout inclinaison du fond.

En 1870, on substitua le fil d'acier au câble de chanvre : grand progrès. Progrès aussi dans la durée qui tombe à 89 minutes pour un sondage de 5.382 m. effectué par le prince de Monaco dans la mer des Sargasses.

Le sondeur William Thomson, très utile aux bâtiments qui atterrissent par temps de brume en ce sens qu'il peut donner la profondeur de 10 en 10 minutes, se fonde sur la pression croissante de l'eau, selon la profondeur, sur un tube rempli d'air, ouvert à la partie inférieure, et enduit à l'intérieur de chromate d'argent, que l'eau de mer change en chlorure d'argent, jusqu'à la ligne où elle pénètre; cette ligne, rapportée à une règle graduée, donne la profondeur atteinte.

Le sondeur Léger, sorte de mâchoire de cuivre placée sous le plomb de la sonde, demeure ouvert pendant la descente, mord sur le fond en y arrivant et rapporte, à la montée, un échantillon du sol sous-marin, en même temps que la profondeur est enregistrée.

Tous les appareils de sondage, il y a quinze ans, exigeaient le déroulement et la remontée d'un fil.

Un nouvel essor de la topographie sous-marine résulta de l'invention d'appareils acoustiques propres à l'écoute des sous-marins, car la durée de l'opération se trouva réduite à quelques instants. Cela se passait en 1919.

Un détonateur émet un son à la surface de l'eau, qui est enregistré; les vibrations sonores se répercutent au fond de la mer, elles sont enregistrées une seconde fois à leur retour au bateau; on sait que le son parcourt environ 1.500 m. par seconde en eau de mer; la profondeur s'obtient immédiatement, par la mesure du temps séparant la détonation de son écho. Toutefois, la comparaison entre des sondages par câble et des sondages au son, ont conduit à construire des tables de la vitesse de la propagation du son en eau de mer qui varie, les conditions sont connues, de 1.490 m.-sec. à 1.550 m.-sec.

Un détonateur n'est même pas nécessaire, depuis l'utilisation par le condensateur piézo-électrique de Langevin des vibrations ultra-sonores que produit cet appareil, et le sondage peut être enregistré graphiquement et de façon continue, sur un cylindre enfumé. Aussi bien peut-on commencer à parler du relief sous-marin, car les campagnes de sondages hydrographiques par l'écho sont actuellement fort nombreuses.

L'une des plus importantes est celle qui a été faite en 1922 par le *Corry* et le *Hull*, bateaux des Etats-Unis, le long de la côte de Californie. Les recherches ont permis de dresser des courbes isobathes jusqu'à la profondeur 3.660 m. et à 130 milles de la côte; elles révèlent un plateau et un talus continental étroits; 5.000 sondages environ ont été faits avec l'émetteur sonore Fessender sur 34.000 milles carrés, du cap Descanso jusqu'à la hauteur de San-Francisco, de 32° à 38° de latitude N. Le paysage topographique obtenu rappelle les paysages glaciaires, tels que ceux de Norvège, cela pour la partie sud; plus au nord, le paysage rappelle celui du nord de l'Amérique.

Le plus grand nombre de sondages suivis, faits en mer profonde, l'ont été de 1925 à 1927 par le bateau allemand *Meteor*, dans l'Atlantique intertropical et austral et dans l'océan Austral : 67.400 sondages acoustiques ont été faits au moyen du sondeur Behm, entre 20° de latitude nord et 60° de latitude sud. Les isobathes du *Meteor* sont extrêment festonnées. Elles ont révélé le seuil de Guinée orienté du sud-ouest au nord-est, sur 5° de latitude sud, qui coupe en trois la dépression ouest-africaine, que l'on savait déjà coupée en deux par le seuil de Walfish-Bay. Le maximum de profondeur trouvée a atteint 8.060 m., à l'est des Sandwich du Sud.

Les nombreux sondages acoustiques effectués au nord et au centre du Pacifique par le Japon et les Etats-Unis, sont aussi pleins d'intérêt : la grande fosse du Japon a été trouvée plus profonde et plus étroite que les sondages par fil ne l'avaient indiqué.

Entre l'Islande et le Groenland, une zone de hauts fonds prolonge bien au delà de ces deux terres le talus continental; au centre la profondeur est 322 m. seulement; au sud-ouest de l'Islande, la crête de Reykjanes est confirmée.

L'*Emdem*, en sondant par l'écho la fosse des Philippines, déjà connue pour ses très grandes profondeurs, a trouvé plusieurs abîmes dépassant 10.000 mètres, avec un maximum de 10.290 m. Ce sont les eaux les plus profondes que l'on connaisse.

On note que le *Wilbrord-Snellius* sondant trois ans plus tard, en 1930, les mêmes parages, a tracé des isobathes parallèles à ceux de l'*Emdem*, mais rejetés à 2 km. plus à l'ouest.

La configuration de ces mers de l'Insulide est extrêmement accidentée, autant que celle des terres émergées.

Les sondages par l'écho ne donnent encore ni la précision ni la certitude qu'on est en droit de demander à un instrument aussi perfectionné. Cependant il nous ont appris que les traits généraux du relief océanique sont bien ceux que nous connaissions, dans les régions sondées s'entend. Ils nous ont appris aussi que, dans le détail, la topographie sous-marine est beaucoup plus accentuée et présente

beaucoup plus de diversité qu'on ne le pensait. Un champ très large est ouvert par la topographie des fonds abyssaux aux interprétations possibles.

M. B.

***

Les Coléoptères du Hoggar.

On sait qu'au printemps 1928, une mission scientifique fut envoyée au Hoggar par le Gouverneur général Pierre Bordes.

Les matériaux et documents rapportés de cette région centrale du Sahara, beaucoup plus considérables que l'on aurait pu le supposer, ont donné lieu à des études importantes dont la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord a entrepris la publication[1]. Le fascicule consacré aux coléoptères et qui vient de paraître donne la description de toutes les espèces récoltées au cours du trajet Ghardaia, In-Salah, Tamanrasset, Tazerouk, Temassinin, Ouargla.

Le massif central saharien diffère notablement du Sahara septentrional. Géologiquement parlant, c'est un pays très ancien : grès primaires du Mouidir et de Tassili, roches cristallines du Hoggar et du Tifedest, tandis que le Sahara de plaine est crétacico-tertiaire.

C'est de plus, un pays où les eaux relativement abondantes, sont douces et non pas salées et tous ceux qui ont parcouru l'Afrique septentrionale, se rendront compte de l'importance, au point de vue des possibilités offertes à la vie humaine, à la vie des animaux et à celle des végétaux, d'un pareil état de choses.

La répartition géographique par famille des 458 coléoptères capturés est la suivante :

Eléments ubiquistes	13	dont	11	rencontrés uniquement dans le massif montagneux
» méditerranéens	124	»	117	»
» sahariens	232	»	185	»
» tropicaux	87	»	87	»
» endémiques	2	»	2	»
	458	»	402	

A signaler la découverte de 87 espèces nouvelles, toutes décrites dans le mémoire de M. P. de Peyerimhoff.

Si nettement saharien que soit cet ensemble, « il s'agit d'un Sahara très varié... Mélanger des éléments de valeur et d'origine aussi diverses mettrait dans l'étude de cette faune plus de confusion que d'exactitude apparente, et il est certainement préférable d'en limiter l'analyse au Sahara central montagneux, c'est-à-dire à la région relativement homogène qui comprend le Mouidir, le Hoggar, le Tifedest, le Haut-Igharghar et la pointe occidentale du Tassili ».

La faune entomologique du Sahara central est pauvre en espèces; riche en individus, comme dans toutes les régions désertiques. Les 402 coléoptères recueillis dans ces régions, au cours de deux mois seulement d'exploration au printemps, peuvent se répartir en six cohortes :

Phytophages	145	soit	36,07 %
Hygrophiles	114	»	28.35
Teppicoles et errants	68	»	16,91
Radicivores	176	»	4.23
Coprophages	16	»	4
Divers	42	»	10,44

« La faune des montagnes du Sahara central, si elle a une dominance saharienne (185 éléments sur 402, soit 46 %) contient près d'une fois et demie autant d'éléments méditerranéens (117, soit 29,50 %) que d'éléments tropicaux. Ces éléments méditerranéens, par ailleurs, sont « occidentaux » tandis que les sahariens et les tropicaux sont en majeure partie des orientaux.

« La faune des montagnes du Sahara central est donc indubitablement paléarctique. »

L'étude de la faune des hautes régions du Hoggar (Atakor) de 1.800 mètres à près de 3.000 mètres d'altitude montre que « l'Atakor est une sorte d'enclave méditerranéenne, panachée d'éléments sahariens, mais à peine infiltrée d'éléments tropicaux ».

M. R.

§ 3. — Art de l'Ingénieur.

La fabrication du carbure de silicium (carborundum) et du corindon artificiel.

Le carborundum et le corindon sont caractérisés l'un et l'autre par une très grande dureté et un pouvoir abrasif très élevé mis à profit dans de nombreuses applications, et notamment dans la fabrication des meules. Ces deux corps sont aussi très réfractaires.

Le carborundum ou carbure de silicium est, en même temps que très réfractaire, bon conducteur de la chaleur, ce qui a conduit à l'utiliser pour divers types de revêtements industriels. Sa fabrication se fait simplement par calcination, au four électrique, de charbon (coke métallurgique ou coke de pétrole) et de silice (sable silicieux); la réaction nécessite une énergie électrique considérable, elle s'effectue aux environs de 1.400° et est légèrement exothermique, mais pour obtenir le produit cristallisé on doit travailler à des températures comprises entre 1.800° et 2.200°, au-dessus de cette température le carborundum se redécompose en graphite et en silicium.

On utilise pour cette fabrication des fours à marche discontinue dans lesquels on place, outre le coke et le sable, de petites quantités de sciure de bois et de sel marin. Le rendement de l'opération est de l'ordre de 25 à 30 % de carbure cristallisé, de 4 à 5 % de carbure amorphe et de 10 % de graphite.

Le corindon, qui est une variété d'alumine, existe à l'état naturel, avec une pureté qui peut atteindre

1. *Mémoires de la Soc. d'Hist. nat. de l'Afrique du Nord*, n° 2. P. DE PENERIMHOFF, mission scientifique du Hoggar, Coléoptères, 15 sept. 1931, Alger.

de 95 à 98 %. La variété connue sous le nom d'émeri de Naxos ne titre guère que 55 à 60 % d'alumine.

Il existe, d'autre part, dans la nature, une variété d'alumine métastable que l'on peut transformer en corindon stable; c'est là le point de départ de la fabrication du corindon artificiel, la transformation s'effectuant à partir d'une température voisine de 930°. Cette alumine métastable, se trouve dans la bauxite; celle-ci constitue ainsi la matière première de cette fabrication pour laquelle on doit aussi avoir recours au four électrique.

La bauxite, additionnée de fondants et de corps réducteurs, est chargée dans un four électrique à arc rotatif; elle y fond aux environs de 2.000° et au milieu de nombreuses réactions secondaires, qui doivent d'ailleurs être soigneusement contrôlées et dirigées; 55 à 60 % de l'alumine de la bauxite est transformée en corindon; celui-ci se sépare assez facilement des siliciures de fer et de titane, qui se produisent en même temps en quantités importantes. Le corindon artificiel obtenu par ce procédé titre de 95 à 99 % d'alumine. Il est donc comparable aux meilleurs corindons naturels et sa dureté n'est que légèrement inférieure à celle du diamant et à celle du carbure du silicium.

L. P.

§ 4. — Nécrologie

Maurice Alliaume.

L'Université de Louvain est durement éprouvée par le décès de Maurice Alliaume, qu'une courte maladie emporta le 24 octobre dernier dans le plein rendement de son activité scientifique.

Maurice-Henri-Julien Alliaume naquit le 28 juin 1882 à La Louvière, en Belgique. Il conquit brillamment à Louvain le grade légal d'ingénieur civil des Mines, puis, devant le jury central de Belgique, celui de docteur en sciences physiques et mathématiques. Deux ans il fréquenta les cours de la Sorbonne, sous la direction spéciale de J. Boussinesq. Le mémoire qu'il rédigea alors, théorie de la propagation des ondes dans les tuyaux élastiques, reçut les honneurs de l'impression aux frais et dans les publications de l'Académie royale de Belgique; il mérita à son auteur une bourse de voyage. Après quelques mois d'enseignement au collège communal de Dinant, Alliaume devint en 1907 professeur au navire-école stationnaire d'Anvers. En 1913, il fut nommé chargé de cours à l'Université de Louvain. Il y devint, en 1919, titulaire des chaires d'astronomie, géodésie et topographie, de calcul des probabilités, puis de géométrie analytique, enfin, en 1925, de mécanique céleste.

Excellent professeur, dévoué tout entier à la formation scientifique générale et spéciale de ses élèves, il publia des leçons d'Astronomie, de Géométrie analytique et en collaboratoin avec M. E. Dory, un Traité de Trigonométrie, remarquable par la méthode de définition des fonctions d'angles.

M. Alliaume contribua au progrès de la théorie des probabilités en complétant les vues originales et critiques de son maître E. Goedseels et en écrivant la Préface d'un ouvrage récent, reproduite dans le *Bulletin des Sciences mathématiques* (mai 1931), où il montre l'insuffisance des exponentielles pour la représentation de la fonction binomiale, dont le rôle est fondamental en mathématiques. Il donna de nombreuses notes à diverses publications savantes : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, *Bulletin et Mémoires de l'Académie de Belgique*, *Annales des travaux publics*, *Ciel et Terre*, *Bulletin de la Société belge d'Astronomie*, *Enseignement mathématique de Genève*, et surtout aux *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, où il était secrétaire de la Section mathématique.

Il dressa la table des facteurs des factorielles n! jusqu'à $n = 1200$, et les inséra dans les Publications du Laboratoire d'astronomie qu'il dirigeait à Louvain. Ces tables sont d'application fréquente en statistique mathématique.

Outre ces travaux personnels de mathématiques appliquées en Optique géométrique et instrumentale et en Topographie surtout, M. Alliaume s'intéressait efficacement à l'histoire des Sciences.

Il collaborait régulièrement à la *Revue des Questions scientifiques*, et sa chronique annuelle d'astronomie marquait depuis 1921, avec une clarté lumineuse et d'amples indications bibliographiques de premier choix, l'évolution magnifique d'une science qu'il servit pour sa part avec le plus bel enthousiasme.

B. M.

L'ŒUVRE DE LA PHYSIQUE MODERNE[1]

On a fait la remarque que nous vivions dans un temps où la fantaisie déréglée paraît vouloir se substituer aux guides longtemps regardés comme les plus sûrs; la science n'a pas échappé à cette tendance; son évolution dans cette voie a même été très marquée. On s'est demandé s'il ne faudrait pas réviser les cadres mêmes de notre entendement. L'espace à trois dimensions où nous avons situé la géométrie d'Euclide, le temps absolu, indépendant du lieu et des observateurs, ont déjà subi, du fait des théories d'Einstein, de très rudes assauts; les notions de continuité qui étaient à la base des raisonnements mathématiques les plus employés ont passé de mode. La mécanique classique subsistait encore malgré les importantes retouches qu'elle avait dû consentir. La voilà elle-même mise aujourd'hui en question à la suite des considérations qui tendent à faire regarder un corpuscule et une onde, non plus comme deux types opposés des représentations mécaniques, mais comme deux aspects d'une même réalité, revêtue des caractères de l'un ou de l'autre suivant les valeurs que prennent la masse et la vitesse du mobile.

Faudra-t-il aller plus loin encore et changer pour ainsi dire le sens qui s'est traditionnellement attaché à l'idée de loi naturelle?

***

Les profanes ne savent peut-être pas assez combien les nouveaux aspects de la Physique sont étranges et à quel point ils remettent en question les principes qui, depuis les origines de la science expérimentale, ont guidé les travaux des savants. Au premier abord, tout semble indiquer le contraire. S'il est une méthode qui a réussi, c'est bien celle qui depuis trois cents ans a changé la face de la terre et fait passer au cours d'une seule génération les rêveries paradoxales des romanciers les plus hardis au rang de banalités dont les enfants ne s'étonnent plus.

Et cela encore, c'est ce que voit l'homme de la rue; mais ceux qui depuis trente ans ont suivi de près les découvertes de la science pure et pénétré à leur suite dans le monde des atomes et des électrons y ont trouvé peut-être encore plus de raisons pour justifier la confiance la plus admirative dans l'œuvre de la physique moderne.

Voilà, pourrait-on croire, de quoi enorgueillir notre raison et refouler les doutes de ceux qui prétendaient nous interdire la connaissance intime des choses. Nos efforts auraient-ils rencontré un succès tellement complet s'ils reposaient sur de fausses conceptions et si tout était à reviser dans notre manière habituelle d'imaginer et de raisonner. Certes on pourrait défendre ce point de vue et, comme je le dirai plus loin, il serait injustifié de laisser en quoi que ce soit fléchir cette volonté de connaître qui est l'honneur de notre temps; certes tout cela ne fait que commencer, chaque jour prépare de nouvelles et de plus grandes merveilles. Et cependant, dans leurs fouilles triomphantes, les investigateurs modernes ont rencontré un mur inattendu sur lequel l'acier de leurs outils habituels paraît bien ne plus pouvoir mordre.

Quand on ne peut percer un obstacle, on cherche à le contourner, à trouver çà et là un passage ou tout au moins une fissure; on n'a pas manqué de le faire, mais partout la tentative a échoué. Non, ce n'est pas un rocher trop dur placé par hasard sur le chemin, c'est peut-être bien le mur d'une prison, et pour la première fois des doutes inquiétants viennent nous assaillir. La voie suivie aurait-elle conduit à une impasse?

Au fond, ce que l'homme cherche en dehors du point de vue grossièrement utilitaire, c'est à comprendre et à prévoir. Il veut se représenter, au moins par une image, comment sont les choses et il espère pouvoir calculer les conséquences de ce qu'il voit se passer devant lui. Si la science ne le permet pas, elle n'est qu'une collection de recettes généralement efficaces à la façon de certains remèdes de bonne femme; devrons-nous vraiment nous résigner à cela?

Les découvertes des physiciens depuis quarante ans ont fait connaître une énorme masse de faits nouveaux et dont on sent que la portée est profonde. Pour les interpréter et les relier entre eux, il a naturellement fallu renoncer aux théories anciennes et introduire successivement la théorie des quanta, la Relativité et la Mécanique ondulatoire; mots barbares, conceptions difficiles et compliquées, demandant un grand effort aux cerveaux habitués aux vieilles idées, mais après tout reclassement nécessaire et assez naturel après une telle extension des phénomènes à expliquer.

Toutes ces peines auraient été amplement payées s'il en était résulté une synthèse donnant à l'esprit fatigué, mais satisfait, l'impression d'étreindre de plus près son idéal, de se représenter mieux les choses et de relier plus étroitement le passé au pré-

1. Discours prononcé au Congrès de Nancy par M. Maurice de Broglie, Membre de l'Institut, Président de l'Association française pour l'Avancement des Sciences.

sent, l'antécédent au conséquent, comme disent les philosophes. Tel a-t-il été l'aboutissement de cet énorme travail? Non, bien au contraire et voici la source du malaise qui se fait jour.

Quelle est donc la difficulté inattendue qui a surgi? Si elle était uniquement d'ordre technique ou mathématique, elle ne pourrait évidemment trouver place ici mais comme elle touche à un ensemble d'idées très générales, à des questions qui se posent plus ou moins dans toutes les disciplines pour tous les esprits qui réfléchissent, elle vaut la peine d'être examinée.

C'est le déterminisme des lois de la nature qui se trouve, ou tout au moins peut paraître, gravement menacé sinon formellement contredit.

*
**

Nous avons la sensation d'être libres dans nos actions et de pouvoir par notre choix modifier le cours des événements. Est-ce une réalité ou une illusion? Bien de l'encre a coulé sans éclaircir ce grave débat, nous le laisserons, si vous le voulez bien, dans le domaine des philosophes, mais l'on s'accorde généralement pour estimer, qu'en dehors de nous, dans le monde matériel, régi par les lois de la mécanique et de la physique, les phénomènes sont soumis à un déterminisme rigoureux.

Que serait une science dont les traits essentiels et fondamentaux introduiraient un caractère d'indétermination contraire, semble-t-il, à l'idée même de loi? Comment soutenir la prétention de prévoir et d'enchaîner les événements si les mêmes causes ne produisent pas toujours les mêmes effets et si la connaissance complète et absolue du présent ne permet pas, au moins dans le domaine matériel, de connaître sans ambiguïté ce qui doit se passer au moment suivant?

Un des hommes qui ont le mieux représenté l'esprit scientifique dans les cinquante dernières années, le savant hollandais Lorentz, en son vivant professeur à l'Université de Leyde, écrivait en 1914 :

« La question de savoir jusqu'à quel point les « prévisions de la science admettent des limites « me paraît assez simple. Il me semble que nous « pouvons répondre qu'en principe, en ce qui con- « cerne la nature des choses, il n'y a pas de li- « mites, mais il y en a par l'état limité de nos fa- « cultés. Les prévisions astronomiques elles-mêmes, « qui sont parmi les plus sûres, restent comme « toute œuvre humaine toujours un peu défec- « tueuses et imparfaites; il est à peine besoin de « dire que la cause de ces défauts ne doit pas « être cherchée dans l'incalculable, mais dans l'in- « exactitude des calculs; si nous étions plus avan- « cés, il ne serait pas question d'influences qui « échappent à notre attention ou de facteurs inat- « tendus.

« Quelles que soient les théories physiques que « l'on préfère, il faudra toujours admettre que les « phénomènes sont susceptibles de prévision, en « un mot qu'ils sont déterminés. »

Déterminisme donc, dans les lois scientifiques, avec possibilité, plus ou moins certaine suivant les tendances de chacun, de conserver le libre arbitre dans le domaine qui lui est propre, telle paraissant être la position admise, même parmi les adversaires du positivisme absolu, par la grande majorité des savants. Mais ce dont personne ne se serait avisé c'est que dans l'essence même du monde physique il pût y avoir une sorte de barrière à nos investigations; Henri Poincaré, dans son ouvrage sur la valeur de la Science, tout en reconnaissant l'imperfection de nos moyens, n'hésitait pas à écrire :

« Pour bien des raisons, aucune loi particulière ne sera jamais qu'approchée et probable. Les savants n'ont jamais méconnu cette vérité, seulement ils croient à tort ou à raison que toute loi pourra être remplacée par une loi plus approchée, mais que le même mouvement pourra continuer indéfiniment, de sorte que la science, en progressant, possédera des lois de plus en plus probables, que *l'approximation finira par différer aussi peu que l'on veut de l'exactitude, et la probabilité de la certitude.* »

*
**

Or, depuis quelques années, une très notable modification s'est produite dans la manière d'envisager la valeur des prédictions scientifiques. Les théories et les découvertes les plus récentes ont conduit à penser que la structure des lois naturelles empêche de préciser, même théoriquement, les conditions du moment actuel jusqu'au point où elles permettraient de savoir exactement ce qui se passera au moment suivant. La liaison de l'antécédent au conséquent n'est plus rigidement assurée ou plutôt nous devons renoncer à savoir si elle l'est, et pratiquement, le déterminisme absolu se trouve en défaut.

Il est naturellement impossible d'indiquer ici, même de la façon la plus sommaire, par quelle suite de considérations théoriques et de résultats expérimentaux on est arrivé à ces conclusions curieusement si contraires aux idées les mieux établies; mais celui qui voudrait se former une idée de l'attitude nouvelle des théories physiques pourra imaginer ceci. Un système est composé de quelques atomes en mouvement, ces derniers possèdent à un moment donné des positions et des vitesses

déterminées; si on les connaît exactement, aurait-on dit hier, on pourra calculer ce qu'elles seront devenues à l'instant suivant et prévoir par exemple que deux atomes se rencontreront.

Aujourd'hui, on est forcé d'admettre que les choses sont bien différentes. La nature semble avoir pris ses dispositions intimes pour dérouter nos efforts et jouer un bon tour à nos prétentions de calculer l'avenir. Deux éléments, position et vitesse par exemple, seraient nécessaires pour cela; or, il se trouve que dès qu'une méthode, quelle qu'elle soit, nous permet de connaître l'un avec précision, elle jette par là même sur l'autre une sorte de flou qui nous interdit de le mesurer exactement; essayons de changer de méthode et d'appliquer un procédé qui permette d'estimer sûrement cette grandeur que nos premiers moyens laissaient dans un certain vague : hélas, c'est alors la première qui voit ses contours s'estomper et devenir diffus.

On a justement comparé cette situation à celle d'un observateur muni d'une loupe qui aurait besoin de lire à la fois deux textes situés à des distances différentes; s'il met au point sur l'un, il devra renoncer à percevoir nettement l'autre; tous ceux qui portent des lunettes connaissent ce genre de désagrément.

*
**

Ce qu'il y a de plus curieux, c'est que de cette zone d'incertitude les théories nouvelles nous donnent très exactement la valeur. Si une des grandeurs à mesurer est connue avec une précision absolue, nous savons très bien quelle sera la marge d'incertitude sur l'autre, c'est comme s'il existait une région interdite parfaitement délimitée.

Certes cette zone n'est pas grande; quand il s'agit de gros phénomènes, elle importe peu, mais les gros phénomènes ne sont pas les seuls importants; le corpuscule atomique infiniment petit ou peut-être même l'ultra-microbe que nous soupçonnons dans les virus filtrants, peut s'en prendre à une cellule cérébrale d'un homme de génie et la réussite de son attaque sera susceptible de changer la face du monde. Ce qui est indéfiniment petit est peut-être méprisable, mais ce qui n'est que très petit ne peut être négligé.

La difficulté qui vient d'être soulevée est très grave; elle tient, c'est certain, à la nature même des choses, nous en savons assez pour prévoir que nous la trouverons désormais sur tous nos chemins; sa signification profonde et générale doit donner à réfléchir.

Les lois de la nature ne s'expriment plus que par des probabilités, mais avec une infériorité du savant par rapport au joueur de roulette. Ce dernier, en effet, ne doute pas que s'il connaissait bien le coup de pouce du croupier et les bosselures de la cuvette où sont placés les numéros, il pourrait jouer à coup sûr; tandis que, pour le physicien moderne, chaque coup isolé est vraiment et totalement impossible à prévoir.

Faudra-t-il rejeter le déterminisme hors de sa citadelle des lois scientifiques? Il serait, à mon avis, tout à fait prématuré d'en venir là. Nous nous sommes probablement fait des mécanismes naturels une idée trop étroite et trop empreinte de la courte et grossière expérience de nos sens.

Les découvertes les plus récentes de la physique nous ont ouvert bien plus aisément et plus complètement qu'on ne l'aurait pensé le domaine de l'infiniment petit; nous y avons pénétré et nous en avons fait une exploration déjà considérable; or il nous apparaît aussi que non seulement nos lois valables pour les phénomènes à grande échelle ne sont plus applicables, ce qui n'est pas surprenant, mais que nos conceptions mêmes demanderaient une sérieuse révision. Peut-être l'idée de corpuscule matériel devra-t-elle être rejetée et ne pourra-t-on pas légitimement parler d'un petit grain de matière qui serait localisé dans une portion restreinte et définie de l'espace. La gravitation universelle de Newton nous montre déjà que tout est dans tout, puisque nous devons bien admettre qu'en levant le bras nous modifions un peu l'attraction de la terre sur tous les corps de l'univers : c'est le problème du continu et du discontinu qui se pose sous une forme nouvelle.

*
**

On peut dire que tout ce qui distingue notre époque en bien comme en mal est l'œuvre de la science. L'humanité a toujours poursuivi le rêve d'asservir ces forces indifférentes ou hostiles qui l'environnent et pour les asservir il faut d'abord s'efforcer de les connaître et de les comprendre. L'humanité a progressé en marchant de découvertes en découvertes, dont les premières comme celles du feu ou de l'écriture ne le cédaient pas en importance à celles dont notre effort actuel peut s'enorgueillir, mais dont le rythme n'avait pas cette cadence accélérée et comme haletante des réalisations d'aujourd'hui. Ce qui caractérise les recherches modernes dans leur activité bouillonnante et féconde, c'est que leurs pas si rapides bouleversent le cadre immuable de notre courte existence.

Une génération n'a pas eu le temps de s'habituer à une nouvelle découverte, elle n'a pu encore y adapter sa vie et ses habitudes que déjà celle-ci fait figure de vieillerie et doit céder la place à une nouveauté plus récente. Toute l'organisation

de l'humanité, sa vie sociale, ses habitudes séculaires, dont les assises durcies par le temps ont demandé des millénaires pour s'établir, tout cela doit maintenant se plier à des conditions que l'on n'aurait même pas imaginées quelques générations auparavant; les distances disparaissent, l'absence tend à s'abolir, la terre entière paraît à certains points de vue moins étendue qu'une petite cité d'autrefois; la pensée, la parole, les nouvelles se transmettent comme l'éclair et par le même agent naturel. Des peuples que rien n'avait préparés à voisiner d'aussi près sentent brusquement que leurs civilisations, après avoir évolué depuis des siècles dans des directions différentes et parfois opposées, vont se trouver en contact si étroit que des heurts et de redoutables conflits sont presque inévitables.

Tout se passe si vite et à une échelle si démesurée que les vieilles lois économiques paraissent parfois perdre leurs vertus, l'incertitude, le désordre, l'inconnu, peut-on dire, sont partout; la question des gens prudents et un peu timorés, celle qui fait sourire les jeunes « où allons-nous » n'est pas bien inquiétante quand on marche d'un pas tranquille. Elle le devient davantage quand l'allure se précipite sur un terrain que tout ébranle et qui paraît céder sous nos pieds.

Et tout cela, avouons-le, c'est pour une grande part l'œuvre de la science. Les hommes ne la quitteront pas, cette maîtresse énervante, mais du moins peuvent-ils l'employer à surmonter les dangers qu'ils lui doivent. L'humanité ne renoncera pas à une des plus nobles formes de son éternelle inquiétude, mais elle lui demandera de plus en plus de la guider pour l'accomplissement de son destin. De plus en plus la recherche scientifique et ses conséquences deviendront l'armature des sociétés modernes.

Si une nation veut maintenir sa force et son prestige, si elle veut, même au point de vue matériel, tirer de ses efforts le meilleur rendement, il ne lui faudra pas oublier de maintenir très brillants ses foyers de culture désintéressés. On se demande souvent si les gouvernements comprennent assez l'importance croissante de la recherche scientifique dans les pays qu'ils administrent. On a parlé de la détresse des universités et l'on n'a pas eu tort; on a parlé de la grande pitié des laboratoires et ce fut avec raison. Comment dans ce pays ne pas rendre en passant, à la mémoire de Maurice Barrès, l'hommage que lui doivent ceux dont il a si éloquemment compris et défendu les intérêts moraux? Mais ce qui reste le plus essentiel, c'est de recruter les hommes.

A notre époque de vie difficile, il importe plus que jamais de maintenir dans la voie toujours si belle et souvent si féconde de la recherche désintéressée les jeunes gens qui se sentent attirés vers cet idéal. Il faut avoir le courage de le constater et de le dire : ce n'est pas toujours en France qu'ils trouvent le plus d'encouragements pour leurs efforts.

Dans l'ardeur de leur première jeunesse, ils envisagent de consacrer leur vie à la découverte des secrets de la nature, mais il faut, pour que cette vocation ne soit pas une noble folie, qu'ils puissent y trouver une carrière comme une autre et non pas une impasse, incapable de les conduire à une situation convenable et juste. Si l'on faisait le compte des chercheurs qui défrichent les champs de l'inconnu, on serait bien surpris de leur petit nombre et souvent bien touché de leur abnégation.

La France, a-t-on souvent fait remarquer, a conquis pour ainsi dire sans le vouloir son magnifique empire colonial, grâce à l'initiative et au courage d'une poignée d'explorateurs et de militaires coloniaux qui n'ont souvent trouvé qu'en eux-mêmes leur récompense. Mais c'est une heureuse chance qu'un pays peut ne pas rencontrer deux fois et la même image se présente à l'esprit à propos de ces autres explorateurs qui affrontent des difficultés non moins grandes et parfois des périls aussi redoutables.

J'ai souvent pensé qu'une des plus grandes utilités des réunions comme celle-ci était de susciter, de maintenir et de raviver la flamme de la curiosité scientifique dans le cœur des jeunes gens. Il y en a beaucoup qui ne viennent pas à nous parce qu'ils ne savent pas; mais ce ne serait pas une bonne action de les attirer, si c'était pour les oublier ensuite.

Le génie latin de la France assure à notre pays dans le domaine littéraire une suprématie que le monde entier reconnaît; les qualités françaises de finesse et de clarté n'ont pas manqué de briller aussi quand il s'est agi des sciences pures ou appliquées; mais de plus en plus il faudra pour la recherche une continuité dans l'effort, un esprit d'organisation méthodique et concentré, dont nos tendances individualistes nous éloignent quelquefois. Prenons-y garde et profitons des occasions comme celle-ci pour épargner à nos chercheurs l'isolement qui décourage et qui affaiblit.

Maurice de Broglie,
Membre de l'Institut.

PROGRÈS RÉCENTS DANS L'INTÉGRATION APPROCHÉE DES ÉQUATIONS DE LA PHYSIQUE MATHÉMATIQUE

(D'APRÈS LES TRAVAUX DE M. NICOLAS KRYLOFF)

I

L'un des progrès les plus marquants de l'Analyse infinitésimale, dans ces trente dernières années, est la découverte d'une méthode permanente de résolution des équations intégrales à limites fixes. C'est par là que Fredholm a unifié et complété, à la suite des résultats imposants déjà donnés par Henri Poincaré, les théories ayant trait aux problèmes de la Physique mathématique.

Dans les questions très variées qui tombent sous le coup de cette méthode[1] on est amené à faire le quotient de deux séries rapidement convergentes. Malgré celà, les opérations multiples exigées pour le calcul de leur terme général tendent à rendre cette voie impraticable.

Remarquant que les solutions demandées fournissent le plus souvent le minimum d'une certaine intégrale dans les conditions aux limites envisagées, le physicien suisse W. Ritz donna en 1908, en prolongement d'une idée de Lord Rayleigh, la méthode d'intégration approchée qui porte son nom. Par exemple, pour déterminer la solution de

$$(1) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + q(x)y = f(x) \qquad q(x) \geq 0$$

qui s'annule aux extrémités de l'intervalle (0,1), Ritz préconise de la considérer comme la fonction rendant la plus petite possible l'intégrale

$$(2) \qquad I(y) = \int_0^1 (y'^2 - qy^2 + 2fy)dx$$

et de s'en approcher par une expression telle que

$$(3) \qquad y_m = a_1 \sin \pi x + a_2 \sin 2\pi x + \ldots + a_m \sin m\pi x \ldots$$

ou plus généralement par une combinaison linéaire des m premiers termes d'un système orthogonal aisément calculable. Dans l'esprit des méthodes directes du Calcul des Variations, il est possible de prouver la convergence de telles approximations : mais ce résultat reste purement théorique et ne renseigne pas sur l'ordre de l'erreur commise.

II

Les recherches faites depuis quelques années par un savant géomètre et ingénieur russe, M. Nicolas KRYLOFF, ont décuplé la puissance de la méthode de Ritz. D'une part, son champ d'application s'en trouve singulièrement élargi par l'annexe de problèmes variationnels qui échappaient à la forme initiale de la méthode; d'autre part, celle-ci est désormais adaptée au calcul des *constantes caractéristiques* et *fonctions fondamentales* qui, en technique des vibrations, fournissent respectivement fréquences et harmoniques[1]; enfin, et c'est là un grand titre aux yeux des techniciens, M. Nicolas KRYLOFF a donné, dans ses divers calculs, des formules précises permettant de limiter les erreurs aux diverses étapes de l'approximation. Le présent article se propose de donner une idée rapide de ces progrès de tout premier plan[2].

III

Le problème de physique considéré a pour support matériel un corps, solide ou légèrement déformable, qui sert aussi de domaine d'intégration à l'équation de Fredholm traduisant analytiquement la question concrète. En fait, le nombre des dimensions n'influe guère ici sur les caractères saillants du problème, si bien que toute question de principe dont on désire seulement un aperçu peut être exposée dans le cas où le solide est un *mur*, les fonctions inconnues restant constantes dans tout plan intérieur mené à l'intérieur du mur, parallèlement aux deux plans qui le délimitent. Choisissons les axes de manière que ces plans aient respectivement pour équations $x = 0$ et $x = 1$. Et, pour fixer les idées, considérons les deux problèmes suivants :

Problème A. — Calculer la température V (x, t) connaissant sa répartition initiale V$(x,0)$, sachant que les deux faces du mur sont maintenues au zéro, sachant enfin que le mur a une conducti-

1. Voir pour leur énumération le chap. I du livre de MM. Fréchet et Heywood sur l'équation de Fredholm (Hermann, Paris, 1912). L'attraction newtonienne, l'électricité statique, le magnétisme, l'équilibre élastique, l'équilibre de température avec rayonnement, l'acoustique (ondes sonores), les vibrations élastiques, le refroidissement, sont autant d'ordres d'idées s'offrant aux applications des équations intégrales. Encore ce champ déjà vaste s'est-il enrichi tout récemment de la Mécanique ondulatoire.

1. Voir l'exemple donné à la fin de notre § III.

2. A ce point de vue, signalons aussi les importants travaux de M. Mauro PICONE, *Journal de Villat*, 1922; Rendic dei Lincei, 1922; *Math. Zeitschrift*, t. XXVIII, 1928, etc.

bilité constante C et une chaleur spécifique $g(x)$ variable dans l'épaisseur du mur.

Problème B. — Trouver l'élongation V (x,t) du point d'abscisse x d'une corde vibrante fixée à ses extrémités, qui sont celles du segment (0,1) de $0x$, lorsqu'on donne les conditions initiales V $(x,0)$ et Vt $(x,0)$ du mouvement, ainsi que la tension p et la densité linéaire $\delta(x)$ de la corde.

Ce dernier problème est, de par son support matériel, à une dimension, tandis que A est analytiquement réductible à un problème à une dimension. Ces distinctions sont d'ailleurs de pure forme : les équations du problème B pourraient s'interpréter comme régissant, au lieu des vibrations transversales d'une corde les vibrations longitudinales d'un mur. Le lecteur pourra donc regarder, à son gré, A et B comme deux problèmes relatifs à un mur.

Cela posé, les problèmes A et B sont régis respectivement par les équations aux dérivées partielles [1].

$$\text{(A)} \qquad \frac{d^2V}{dx^2} = \frac{g(x)}{C}\frac{dV}{dt}$$

$$\text{(B)} \qquad \frac{d^2V}{dx^2} = \frac{\delta(x)}{p}\frac{d^2V}{dt^2}.$$

On sait que les solutions de ces problèmes s'obtiennent respectivement au moyen des séries suivantes

$$\sum_{i=1}^{\infty} f_i(x)e^{-\alpha_i t}$$

$$\sum_{i=1}^{\infty}\left[\varphi_i(x)\cos\beta_i t + \psi_i(x)\sin\beta_i t\right]$$

où les f_i d'une part, les φ_i, ψ_i de l'autre vérifient les équations

$$f''_i + \alpha_i\frac{g(x)}{C}f_i = 0$$

$$\varphi''_i + \beta_i{}^2\frac{\delta(x)}{p}\varphi_i = 0 \text{ (et la même en } \psi_i).$$

On est donc conduit à ne retenir qu'un type unique d'équation différentielle

$$\text{(4)} \qquad y'' + \lambda q(x)y = 0$$

où $q(x)$ représente indifféremment

$$\left(-\frac{g(x)}{C}\right) \text{ ou } \left(-\frac{\delta(x)}{p}\right)$$

et à choisir λ en assurant l'existence de solutions non nulles entre 0 et 1, mais s'annulant aux extrémités de cet intervalle. Ce sont ces solutions $g_k(x)$ qui sont dites *fondamentales* les valeurs λ^2_n étant dénommées *caractéristiques;* des unes et des autres, on peut dire aussi, avec M. Kryloff, qu'elles sont *singulières* [1].

IV

Après avoir montré par ces exemples l'importance du champ de recherches exploré par M. Kryloff (avec l'aide de son élève, M. Bogoliouboff), après avoir aussi indiqué deux ouvrages français permettant au lecteur d'acquérir très vite une initiation préalable [2], nous allons marquer quelques-uns des points atteints par le savant géomètre. Nous prendrons pour guide l'exposé synthétique qu'il a lui-même donné au fascicule XLIX du *Mémorial des Sciences Mathématiques*, en se proposant de contribuer à l'élaboration, sur des exemples simples, faciles à généraliser, à côté de la méthode dite fondamentale en Physique Mathématique, d'autres méthodes permettant de juger quelle approximation on doit prendre, afin que l'erreur commise à cette approximation soit plus petite qu'un nombre donné d'avance.

Le programme ainsi tracé rentre en voie d'application dès le premier chapitre, où l'auteur, après une synthèse des méthodes classiques permettant d'établir la convergence du procédé de Ritz, reprend la démonstration par une méthode nouvelle permettant d'apprécier l'erreur commise à la $m^{\text{ième}}$ approximation. En fait, les ingénieurs, pour ne pas s'égarer dans des calculs peu maniables, n'utilisent les approximations que pour de petites valeurs telles que $m = 2, 3, 4, 5, 6$, et alors l'appréciation de l'erreur prend une importance considérable. Reprenons l'exemple de l'équation (1) proposée dans notre § 1, en appelant y la solution cherchée, Y_m la somme des m premiers termes du développement de Fourier de y, et y_m l'expression (3) dont les coefficients sont choisis de manière à rendre minimum I (y), l'idée essentielle de M. Kryloff consiste à majorer $|y - y_m|$ à l'aide $|y - Y_m|$. Si l'on pose

$$N = M\sqrt{2} + \frac{2\sqrt{\int_0^1 q'^2 dx} + 0{,}25\sqrt{\int_0^1 q''^2 dx}}{\sqrt{(m+1)}} + \frac{+ M\sqrt{5}}{\sqrt{3\left[1 - \frac{M}{(m+1)^2\pi^2}\right]}}$$

$$M = \max|q|$$

1. Picard : Leçons sur quelques problèmes aux limites de la théorie des équations différentielles pages 77 et 90 (Gauthier-Villars, Paris, 1930).

1. On les retrouve dans une foule d'autres questions techniques : vitesses critiques dans la théorie des arbres tournants, charges critiques dans la théorie du flambement des barres.

2. Voir aussi le tome III du *Cours d'Analyse mathématique* de M. Edouard Goursat.

on obtient la solution complète par les formules

$$|y-y_m| < |y-Y_m| + \left(1+\frac{M}{4}\right)\frac{N}{[(m+1)\pi]^{1,5}}\sqrt{\int_0^1 (y-Y_m)^2 dx}$$

$$|y-Y_m| < \frac{\sqrt{2M}}{[(m+1)\pi]^{1,5}}\sqrt{\int_0^1 \frac{f^2}{|q|}\,dx}$$

dont la première montre que, pour m infini, le rapport du maximum de $|y-y_m|$ au maximum de $|y-Y_m|$ tend vers l'unité.

La différence entre les coefficients de Fourier de y et les coefficients figurant dans l'expression (3) de y_m est elle-même susceptible d'être majorée dans cette voie. Enfin, moyennant des hypothèses convenables sur q, M. Kryloff parvient à établir que les dérivées secondes des fonctions approchées tendent vers la dérivée seconde de la solution et à majorer l'erreur correspondante.

On peut varier la méthode en passant de la forme trigonométrique du développement (3) à d'autres formes où l'on combine linéairement, au lieu des sinus, des fonctions empruntées à des systèmes orthogonaux; ici, le choix comporte une large part d'arbitraire, dont on peut profiter pour simplifier certaines questions. Ce côté de la discussion, que nous nous contenterons de signaler, est solidaire de l'étude systématique des différentes formules d'interpolation. On pourrait même voir qu'il n'est pas indispensable de recourir à des suites orthogonales.

V

Occupons-nous maintenant des valeurs singulières de λ sur lesquelles nous avons appelé précédemment l'attention (§ III). En posant ici

$$I(y) = \int_0^1 (y'^2 - \lambda q y^2)\,dx \tag{2'}$$

et formant I (y_m) (d'après l'expression (3) de y_m), nous écrirons que I (y_m) est minimum et obtiendrons une approximation λ_n^m de la valeur singulière λ_n en annulant le déterminant du système linéaire ainsi formé. En posant

$$M = \max|q| \qquad \mu = \min|q|$$

on trouve alors

$$|\lambda_n - \lambda_n^m| < \frac{2\lambda_n^2 M^{1,5}}{\sqrt{\mu}(m+1)^2\pi^2 - 2M^{1,5}\lambda_n} \tag{5}$$

avec

$$\lambda_n < \frac{n^2\pi^2}{\mu}.$$

Il est aussi montré que le second membre de (5) peut être remplacé par

$$\frac{\lambda_n^2 M}{(m+1)^2\pi^2 - \lambda_n M}$$

Cette nouvelle appréciation de l'erreur offre l'avantage de faire prévoir quel nombre m doit être pris dans le calcul approché des valeurs singulières pour que l'erreur commise ne surpasse pas l'ordre de grandeur assigné d'avance. Le cas échéant, la dérivabilité de $q(x)$ peut fournir d'autres formules qui pourront présenter l'avantage de diminuer la valeur de m.

VI

On mesure l'immense intérêt de ces résultats, d'un caractère si palpable, et qui sont mis à la disposition des techniciens en vue d'une utilisation immédiate. Le même principe de calcul que précédemment va encore nous fournir les expressions approchées des fonctions fondamentales. La grande diffusion du Mémorial nous dispense de reproduire explicitement les majorations, soit de l'intégrale

$$\int_0^1 q\left(Y_n - Y_n^m\right)^2 dx$$

soit encore de l'expression

$$|y_n - y_n^m|$$

et d'insister sur les diverses extensions, concernant l'intégration approchée de l'équation non homogène (1)[1], concernant également l'intégration approchée de certaines équations différentielles non linéaires et notamment de

$$y'' = f(x.y) \qquad (f'_y \geq 0)$$

sous les conditions

$$y(0) = y(1) = 0.$$

En revanche, j'appelle instamment l'attention du lecteur sur une étude de M. Kryloff, en collaboration avec M. Bogolioubоff, publiée dans l'année 1930 (p. 43-71 et 106-114) au *Bulletin de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.* Elle s'intitule : *Application de l'algorithme variationnel à*

1. A ce propos, je dois signaler, conformément à une indication que je dois à l'obligeance de M. Kryloff, l'erreur de transcription qui entache la formule X au bas de la page 41 du fascicule cité. On doit y remplacer le rapport

$$\frac{(m+1)\pi}{\lambda_n M}$$

qui figure en facteur dans le dernier terme par son inverse.

la solution approchée des équations aux dérivées partielles du type elliptique. L'équation

$$\frac{d}{dx}\left(a\frac{du}{dx}\right)+\frac{d}{dy}\left(b\frac{du}{dy}\right)+\lambda cu=f$$

ou a,b,c,f, sont des fonctions de x,y dérivables jusqu'à un certain ordre est examinée dans ce travail pour divers types de problèmes aux limites, relatifs à un contour C convexe dont un point courant a pour coordonnées des fonctions $x(s)$, $y(s)$ de son abscisse curviligne dérivables jusqu'à un certain ordre. La solution recherchée est alors celle qui correspond au minimum de l'intégrale double

$$I(u)=\int\int\left[a\left(\frac{du}{dx}\right)^2+b\left(\frac{du}{dy}\right)^2-\lambda cu^2+2fu\right]d\sigma.$$

Lorsque u s'annule sur C, on applique la méthode de Ritz en prenant un diamètre A_1B_1 de C (au sens de la théorie des ensembles) comme axe des x, la perpendiculaire au milieu de A_1B_1 comme axe des y, en appelant $f_1(x)$ et $f_2(x)$ les deux fonctions fournissant la représentation des arcs séparés par A_1B_1 et combinant linéairement des fonctions de la forme

$$[y-f_1(x)]\,[f_2(x)-y]\,x^m y^n.$$

Comme précédemment, on parvient encore à limiter l'erreur commise en s'arrêtant à une approximation de rang quelconque dans le calcul des valeurs et des fonctions singulières.

VII

Je reviens à l'exposé du Mémorial. Il comporte un second chapitre, fort instructif, sur les méthodes des *différences finies*.

Le lecteur est d'ores et déjà familier avec leur principe. Par exemple, si l'on veut une solution approchée du problème de Dirichlet (recherche d'une fonction harmonique de valeurs périphériques données) on pavera le plan de petits carrés ou l'espace de petits cubes (suivant qu'il s'agit de l'équation de Laplace à deux ou trois variables indépendantes), on remplacera le domaine donné par un domaine polyquadratique ou polycubique voisin : aux nœuds périphériques, on se donnera des valeurs voisines des valeurs périphériques initialement proposées, et l'on calculera une valeur en chaque nœud interne de telle sorte que cette valeur soit la moyenne arithmétique des valeurs attribuées aux quatre nœuds (cas du plan) ou aux six nœuds (cas de l'espace) les plus proches.

Il va de soi que le même principe peut, avec Lord Rayleigh, être appliqué aux équations différentielles ordinaires. Et la meilleure justification est encore celle que MM. Kryloff et Bogoliouboff en ont donné, en obtenant l'estimation de l'erreur sous la forme la moins majorée. Tel est l'objet, qu'il suffit ici de signaler, de la seconde partie du fascicule de M. Kryloff. En terminant, l'Auteur traite aussi de la méthode dite « *des tronçons* » où l'on divise l'intervalle d'intégration de l'équation différentielle donnée en m parties égales, en considérant dans chacune d'elles les coefficients de l'équation comme constants : là encore, on peut non seulement établir la convergence, mais encore préciser une limite de l'erreur qui subsiste après la $m-^{\text{ième}}$ approximation.

VIII

En terminant cet exposé des résultats acquis à la technique des approximations par M. Kryloff, je dois dire encore quelques mots de son récent et important ouvrage en langue ukranienne, dont la librairie Albert Blanchard donnera bientôt une édition française. Il s'intitule : *Solutions approchées et symboliques des équations différentielles de la Physique Mathématique et de la Technique.* Cette monographie prolonge les profonds travaux de M. Kryloff par l'examen approfondi de leurs applications à diverses questions concernant les oscillations matérielles ou électriques, la résistance des matériaux, les vitesses critiques, etc.... En même temps, elle donne une large place aux procédés d'intégration symbolique de Heaviside, si importants en électrotechnique et dans mainte autre branche de la science de l'ingénieur.

Après avoir passé en revue quelques problèmes où interviennent les équations différentielles ordinaires (exemple : oscillations d'un courant), et résolu chemin faisant diverses difficultés d'ordre analytique (solutions stables, signe des parties réelles des racines de l'équation caractéristique), l'auteur consacre d'importants développements à la théorie de la synchronisation partielle ou totale.

Puis il passe aux équations aux dérivées partielles pour y traiter des questions englobant notamment les problèmes A et B rencontrés au cours du présent exposé (§ III). Il établit les théorèmes d'existence en se libérant de toute restriction sur le nombre de dimensions de l'espace et instituant une analyse harmonique généralisée dont les approximations sont toujours, comme dans ce qui précède, subordonnées à des limitations très précises. Ces méthodes sont appliquées à l'équation des vibrations longitudinales des canons et à l'équation des télégraphistes. Signalons aussi la méthode de l'interprétation symbolique approchée, présentant la combinaison appropriée des métho-

des d'intégration approchée et de la méthode du calcul symbolique; ceci permet d'utiliser les avantages des méthodes susdites appliquées simultanément et donne lieu à d'importants résultats théoriques et pratiques.

Dans l'édition française du livre ci-dessus mentionné de M. N. KRYLOFF et qui paraîtra avec la collaboration de son élève, M. N. BOGOLIOUBOFF, une attention toute particulière sera consacrée au difficile et très actuel problème des oscillations *non linéaires* (le problème des auto-oscillations dans les radiocommunications, l'étude de la stabilité dynamique des machines synchrones travaillant en parallèle, etc.).

IX

Tout cela est d'un intérêt primordial pour les ingénieurs. Mais il est juste, en terminant, de rendre hommage au côté purement mathématique de la contribution apportée à la Physique théorique par l'éminent géomètre de KIEW : les majorations qu'il nous apprend à calculer constituent en effet la preuve la plus éclatante et la plus directe de la convergence des approximations. Et le programme qu'il réalise ainsi est conforme au desideratum contenu dans la célèbre affirmation émise autrefois par KRONECKER : les démonstrations d'existence doivent être conduites de façon que les valeurs dont il s'agit puissent être calculées avec une erreur donnée d'avance et au moyen d'un nombre fini d'opérations.

G. Bouligand,
Maître de Recherches,
Professeur à l'Université de Poitiers.

LES DERNIERS PROGRÈS EN MATIÈRE DE RAILS

Au moment où la circulation automobile semble constituer, aussi bien pour les messageries (et même pour certaines marchandises lourdes) que pour les voyageurs, une concurrence redoutable, il peut paraître osé de parler encore de rails et de leurs progrès. Pourtant, il est de règle générale que ce qui existe ne disparaisse pas sans une lutte plus ou moins ardente contre les nouveautés qui veulent prendre place. Nous reconnaissons les fossiles d'une époque de transition aux armures variées que la nature leur ménageait pour tenir tant qu'il était possible. Les hommes imitent la nature et défendent ce qu'ils ont créé. Cinquante ans d'électricité n'ont pas renversé l'invention de Lebon, le gaz brille plus que jamais sur nos plus belles avenues, il a trouvé dans le chauffage industriel et domestique une place dont on ne le délogera pas aisément. Comme le gaz, le chemin de fer tiendra longtemps; la menace fera surgir dans cette branche comme dans toutes celles qui sont attaquées, des inventions nouvelles et le rail et la route continueront sans doute à exister à côté de l'avion et du bateau en se complétant l'un l'autre et en se perfectionnant.

Une des conséquences du progrès de l'automobile, notamment des autocars et autobus, sera de supprimer ces petites lignes d'intérêt local qui grevaient assez lourdement les budgets des grands réseaux de chemins de fer. Comme il est probable que, pour les grandes distances, la voiture de chemin de fer, restaurant, salon, couchettes, etc. restera finalement plus confortable que l'auto sur route, la voie ferrée gardera une excellente clientèle de voyageurs... au long cours, si l'on peut dire. Cette clientèle exigera des voies confortables, sûres et rapides. Ces trois conditions dépendent, avant tout, du rail et il convient d'assurer la tenue, la solidité ainsi que la résistance à l'usure des rails.

*
**

Exposer tous les défauts que peuvent présenter les rails ordinaires serait hors du sujet. La plupart de ces défauts ne sont pas spéciaux aux rails mais se rencontrent dans tous les aciers défectueux, des procédés métallurgiques perfectionnés et des essais de contrôle permettent d'éliminer tous ceux qui seraient graves.

Il ne suffit pas, malheureusement, qu'un acier soit de bonne qualité pour convenir à la fabrication des rails. On comprend qu'un acier doux s'écoulera sous les pressions réitérées, mais force-t-on la teneur en carbone pour avoir un acier dur, on aura un rail cassant : les Américains ont éprouvé les graves inconvénients de cette pratique. Sans doute pourrait-on prendre des aciers spéciaux; mais si l'on a fait quelques essais, notamment d'acier à 12 p. 100 de manganèse, ou d'acier électro-fondu au nickel-chrome, qui ont donné de très beaux résultats, les compagnies n'ont pu seulement qu'enregistrer ces performances en regrettant leur prix de revient excessif, empêchant la généralisation de ces coûteuses applications.

Il ne suffit pas aussi qu'un acier soit dur, tenace et résilient; il faut que ses caractéristiques

physiques, chimiques et mécaniques, notamment la dureté, soient aussi régulières que possible dans tout le coupon; sans quoi le rail va s'user irrégulièrement; des phénomènes vibratoires, dits de résonance, vont causer ce qu'on désigne sous le nom d'usure ondulatoire, laquelle à son tour va donner tant d'oscillations au matériel roulant qu'il faudra bien remplacer prématurément les rails atteints.

Finalement les conditions à remplir par l'acier à rail sont :

a) homogénéité physique et chimique et particulièrement grain *fin*;

b) absence de fragilité, c'est-à-dire haute *résilience*;

c) *dureté* élevée toujours régulière pour résister à l'usure, notamment à l'usure ondulatoire;

d) simplicité de l'élaboration et facilité du contrôle;

e) prix de revient très modéré.

*
**

Pratiquement la dernière condition est la plus impérative et pour avoir un grain fin et la dureté

Fig. 1. — Martensite × 400.

convenable, on ne peut recourir qu'à deux alternatives :

ou agir sur la composition chimique;

ou agir par *traitement thermique*.

Jusqu'à présent la modification de la composition chimique n'a donné que des solutions très onéreuses, exception faite de celle qui consiste à forcer la teneur en carbone et qui conduit à la dureté voulue mais aussi à la fragilité, si bien qu'il ne reste plus qu'une solution : le traitement thermique.

Tout le monde sait à peu près ce que c'est

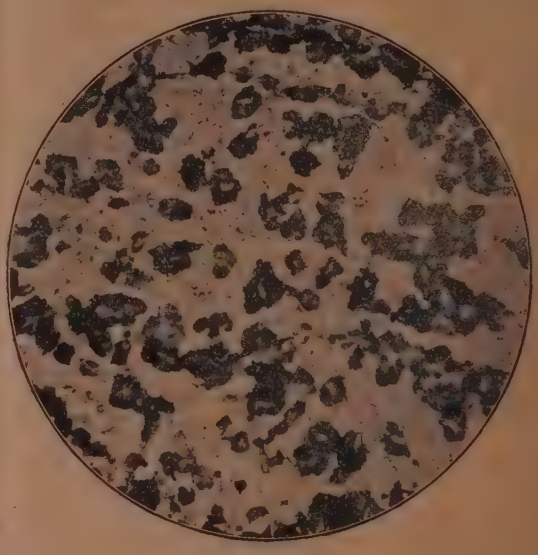


Fig. 2. — Troostite (noire) et Martensite (claire) × 250.

qu'un traitement thermique. Lorsqu'on chauffe un acier au-dessus du point critique supérieur de transformation (720 à 750° C. pour les aciers au

Fig. 4. — Perlite × 1.000.

carbone) ou lorsqu'on le refroidit, il passe par différents états et l'on peut le fixer dans l'état de *solution solide* en le refroidissant brusquement par *trempe* dans l'eau ou dans un autre liquide. Ce traitement donne la texture martensitique (fig. 1). sans trempe, on a la perlite (fig. 4) où l'on distin-

gue au microscope les plages alternées blanches et noires de ferrite et de cémentite. Entre ce refroidissement très rapide, qui donne la martensite, et le refroidissement extrêmement lent, qui donne la structure perlitique se placent toute une série de lois diverses de refroidissement donnant deux textures caractéristiques : *a*) un mélange (fig. 2) de troostite (noire) dans la martensite (claire) qui est la plus mauvaise structure que l'on puisse concevoir pour un rail; *b*) une structure à grain fin, dite sorbitique, du nom de l'éminent métallurgiste Sorby qui l'a découvert.

Nous ne pouvons nous étendre beaucoup sur ces différentes structures, dont les qualités sont connues[1] : la martensite se distingue par sa dureté mais aussi par sa fragilité; la troostite dans la martensite est un peu moins dure et peut-être un peu moins fragile, bien que cette texture irrégulière ne soit pas très favorable à la résistance au choc. Entre les deux structures, la martensite serait la meilleure si l'on pouvait éviter avec certitude toute fissure microscopique susceptible de s'élargir sous l'action des chocs réitérés et de déterminer, finalement, la rupture du rail. Cependant des recherches ont été poursuivies dans ce sens, rien ne permet d'affirmer qu'elles n'aboutiront pas à des résultats pratiques. Un acier fragile peut parfaitement être acceptable si sa résistance aux diverses sollicitations est élevée, car la fragilité n'implique pas nécessairement une faible résistance. Le verre est le type des corps fragiles; il est pourtant employé dans les constructions civiles, notamment sous forme de pavés de verre qui sont très résistants. C'est la rupture soudaine à partir d'une certaine charge — celle-ci pouvant être assez élevée — qui caractérise la fragilité. Si l'on tire sur un métal il s'allonge, d'abord d'une manière élastique; tant qu'on ne l'a pas chargé plus qu'à sa limite d'élasticité, il revient à sa longueur initiale lorsqu'on le décharge. Le verre agit de même, les charges limites d'élasticité étant d'ailleurs différentes pour chaque nuance de métal comme pour chaque variété de verre. Là s'arrête la ressemblance. Si l'on continue à charger au-dessus de la limite d'élasticité, le verre se rompt presque tout de suite, un coupon d'acier martensitique aussi. Si l'on soumet à des tractions croissantes du cuivre ou de l'acier doux, on constate, au contraire, un étirage du métal sous des tensions qui continuent à croître jusqu'à une certaine valeur, mesure de la ténacité du métal; après laquelle, si l'on continue toujours à tirer, le métal s'allonge encore mais sans qu'il soit nécessaire de faire agir une charge aussi intense, cet allongement se localise dans une région qui ne tarde pas à se rétrécir tandis que le métal s'y étire, étirage qui se termine par la rupture en cet endroit.

Par conséquent, pour qu'un rail en acier doux puisse se rompre il faut, non seulement que la charge qui correspond à la ténacité soit atteinte, mais encore qu'elle soit appliquée assez longtemps pour que le travail d'allongement et d'étirage puisse s'effectuer. Si la charge qui a produit une certaine déformation permanente cesse d'agir avant la rupture, et avant que soit atteinte la valeur correspondant à la ténacité du métal, l'acier ayant ainsi subi des tensions telles qu'un allongement résiduel subsiste après suppression complète de toute traction, a été *écroui*, c'est un nouveau produit dont la limite d'élasticité est sensiblement égale à la plus haute tension subie antérieurement et dont la fragilité est ainsi augmentée avec la limite élastique.

***

Remarquons tout de suite que si les rails en acier doux semblent présenter une certaine sécurité contre la rupture en raison des grands allongements que le métal peut prendre avant sa déchirure, cette sécurité ne tarde pas à diminuer à cause précisément de ces allongements et de l'écrouissage. En outre, le véritable écoulement du métal du champignon du rail vers l'une de ses rives où il se forme une sorte de bavure qui grossit avec le temps, diminue sensiblement la hauteur et, avec elle, la durée du rail. Ce phénomène se manifeste dans les premiers mois de la mise en service, après quoi le rail écroui résiste un peu mieux à cette tendance à l'écoulement et à l'usure.

A cause de sa structure hétérogène, le rail perlitique (rail en acier refroidi à l'air) est sujet à l'usure ondulatoire. Si la troostite pouvait être admise comme structure de rails elle serait aussi favorable à la création d'ondulations en raison de son hétérogénéité, mais la fragilité qui l'accompagne toujours empêche de retenir, comme pratiquement utilisables, les rails de cette structure

***

Il ne reste à examiner maintenant que la texture sorbitique (fig. 3) dont la caractéristique micrographique évidente est la *finesse du grain*. Si l'on fait l'essai d'un métal traité pour l'obtention de cette structure, on constate que, toutes choses égales d'ailleurs, il est plus dur, plus tenace, présente une limite élastique plus élevée avec une plus grande résistance au choc que l'acier du même lingot simplement refroidi à l'air.

1. Voir, notamment, le t. III (Métaux, Bétons) de l'ouvrage de M. Ed. MARCOTTE sur les matériaux (Gauthier-Villars, éditeurs, Paris).

La texture sorbitique semble donc actuellement ce qu'on peut souhaiter de meilleur dans un acier à rail.

Fig. 3. — Sorbite × 1.000.

*
**

Comment peut-on obtenir une structure aussi désirable? On a longtemps employé des procédés assez compliqués, par exemple pour les ressorts qui doivent avoir cette structure, mais MM. Sandberg ont remarqué qu'il suffisait d'observer une certaine loi de refroidissement (fig. 5) entre les points critiques supérieur X et inférieur Y, la

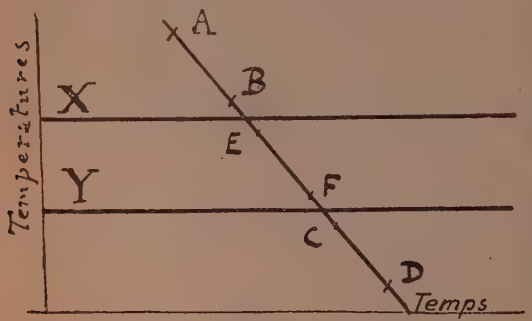


Fig. 5.

droite AD représente cette loi; il suffit que le refroidissement, commence au-dessus du point de transformation supérieur, c'est-à-dire en B par exemple à une température supérieure à X, et finisse en C par exemple, au-dessous de la température Y, point de transformation inférieur du métal. Cette double condition est assez facile à satisfaire, elle assure le succès mais il faut avoir soin de ne pas commencer seulement en E au-dessous de la température X ou de ne pas finir en F au-dessus de la température Y.

Les températures X et Y dépendent de la nuance du métal mais sont faciles à déterminer à l'aide de certains fondants et du moment où le métal en refroidissant acquiert ses propriétés magnétiques.

En outre la loi de refroidissement ne doit pas être brutale et ne peut être réalisée par trempe. On souffle contre le rail, à l'aide de tuyères ou atomiseurs tournés vers le champignon, un brouillard d'air et d'eau ou de vapeur. Le rail rouge venu du laminoir vient d'être scié, des griffes l'amènent automatiquement contre la ligne des tuyères, le brouillard étant dosé d'une manière uniforme et s'écoulant sous une pression donnée procure en chaque point un taux de refroidissement uniforme qu'on peut parfaitement régler, d'une part d'après le débit, d'autre part d'après le temps total pendant lequel ce débit s'exerce. Nous venons d'exposer le principe du procédé Sandberg, le plus ancien, le plus simple, le moins onéreux et sans doute le plus efficace.

*
**

Une loi de refroidissement analogue a été recherchée par une série de trempes à l'eau intercalées d'émersions qui en diminuent l'énergie.

Fig. 6. — Installation pour le traitement sorbitique Sandberg des bandages de roues.

C'est le procédé de Neuves-Maisons. Il donne des duretés un peu plus grandes semble-t-il que celles permises par le procédé précédent; il a fourni de bons résultats mais on doit se garder des trempes excessives qui donnent de la troostite et de la martensite exposant les rails à des ruptures brusques susceptibles d'entraîner des catastrophes.

*
**

Ce qu'on fait pour les rails, on le fait aussi pour les bandages de roues. L'appareil de traite-

ments, dû aussi à M. C. P. Sandberg, se compose (fig. 6) d'une série de tuyères dirigeant le brouillard contre le bandage tournant lentement devant elles. Les bandages ainsi traités durent environ

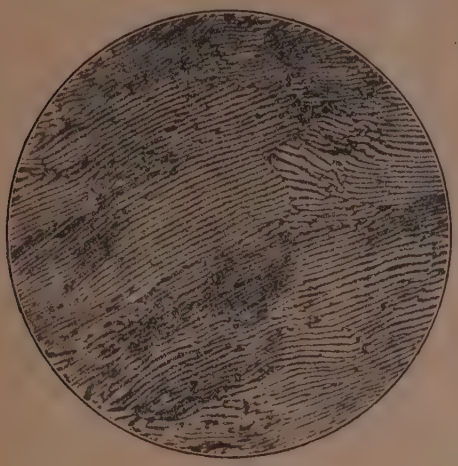


Fig. 7. — Bandage non traité × 1 000
(acier à 0,73 % de carbone).

le double des bandages ordinaires. C'est à peu près le même bénéfice que celui qu'on obtient en traitant des rails.

Les microphotographies des figures 1 à 4 concernaient des rails à 0,4 % de carbone. Voici maintenant 4 microphotographies relatives à des bandages en acier à 0,73 % de carbone. On retrouve (fig. 7) la structure perlitique dans un bandage non traité et (fig. 8) la structure sorbitique dans le même bandage traité. Si, au lieu de comparer

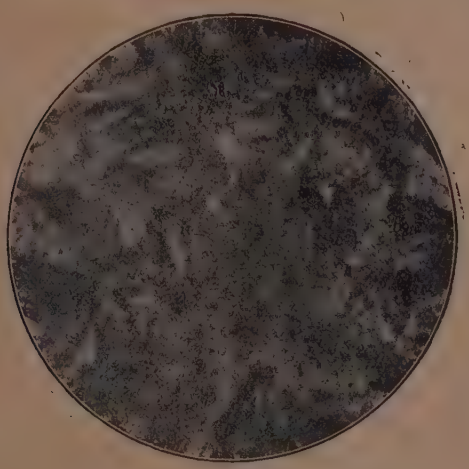


Fig. 8. — Bandage traité × 1.000
(acier à 0,73 % de carbone).

la perlite et la sorbite des bandages avec un grossissement 1.000, on ne prend qu'un grossissement

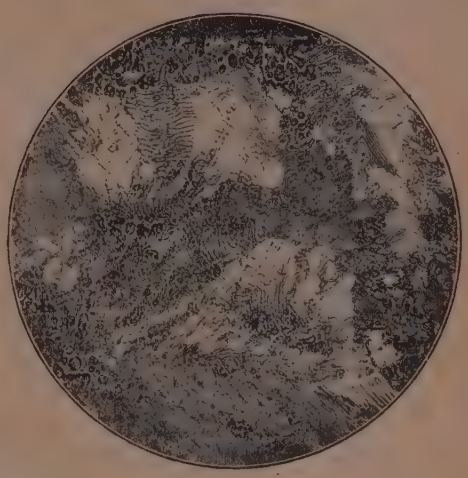


Fig. 9. — Même bandage (non traité) que celui de la fig. 7, vu avec un grossissement de 250 au lieu de 1.000.

250, on a deux figures un peu différentes (fig. 9) perlite et (fig. 10) sorbite.

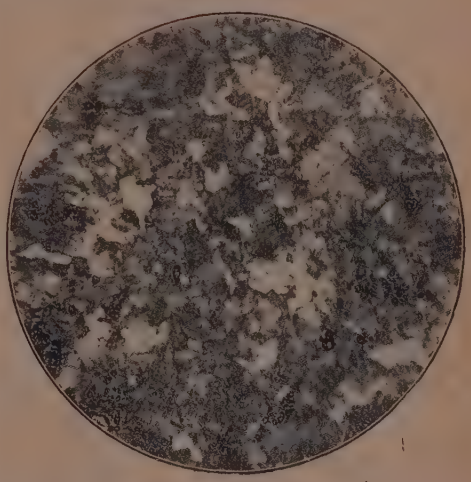


Fig. 10. — Même bandage (traité) que celui de la fig. 8, vu avec un grossissement de 250 au lieu de 1.000.

*
**

Le traitement sorbitique pourtant n'est pas sans reproche. Le relèvement de la limite élastique, de la charge de rupture, de la résilience et de la dureté a pour contre-partie : d'une part, une diminution de la faculté d'allongement avant rupture par traction (ce qui n'est pas grave parce que les rails ne se rompent jamais par traction); d'autre part, une courbure qui subsiste après refroidissement et qui oblige à redresser les rails à

froid, opération onéreuse et toujours un peu risquée.

Si l'on sépare par sciages le rail en trois tronçons : champignon, âme et patin, on observe des courbures différentes qui prouvent que des tensions intérieures existent dans le rail sorbitisé.

***

Il est un procédé très simple qui permet de supprimer la courbure des rails traités et leurs tensions intérieures. Il consiste tout simplement à introduire les rails refroidis au point D (fig. 5) dans un four sommairement formé d'une voûte et de parois métalliques. Après un chauffage initial de cette étuve, il n'est plus nécessaire d'y apporter du calorique, les rails rouges encore qu'on y introduit suffisent à entretenir la chaleur. D'un côté du four, arrivent les rails venant d'être sorbitisés, de l'autre côté sortent des rails refroidis vers 300° C. L'équilibre de température qui s'établit entre les différentes couches du rail pendant le séjour dans le four suffit à supprimer toute tension intérieure, partant toute courbure résiduelle.

Ce four est très simple, parfaitement efficace et constitue un complément *indispensable* au traitement sorbitique.

***

On n'a pas tardé d'ailleurs à s'apercevoir de l'intérêt du passage au four de tous les rails, les non sorbitisés, c'est-à-dire perlitiques, comme les sorbitisés.

Ne pas traiter un rail, c'est-à-dire l'abandonner au refroidissement à l'air sur les étendoirs de l'usine métallurgiste est, en effet un procédé barbare, car on ne peut exercer ainsi aucun contrôle sur la loi de refroidissement. Comme M. Jourdain faisait de la prose sans le savoir, le métallurgiste fait du traitement thermique en aveugle, l'hiver le refroidissement est beaucoup plus accéléré qu'au temps chaud.

Or, si l'on examine ce qui se passe pendant le refroidissement dans les diverses couches du rail, notamment dans le champignon depuis la peau jusqu'au centre, on observe que les couches superficielles se refroidissent beaucoup plus vite. Le refroidissement s'accompagne d'une rétraction laquelle n'est si loin d'être uniforme qu'à une certaine température on observe même une faible dilatation se produisant rapidement. Puisque les mouvements des différentes couches ne sont pas simultanés, il y a des arrachements qui tendent à se produire et qui se manifestent d'autant mieux que le métal est encore chaud.

Ainsi se forment de fines craquelures de l'épaisseur d'un cheveu, lesquelles apparaissent dans la section du rail après rupture comme une tache moins brillante que le reste de la cassure, tache dite ovale à cause de son contour. Ce défaut est très grave car il entraîne infailliblement la cassure, risque d'accident. Heureusement que le remède est simple.

***

En résumé, parmi les nombreux moyens préconisés pour l'amélioration du rail, le traitement thermique visant à l'obtention de la texture sorbitique est précieux par l'économie qu'il permet de réaliser dans les remplacements de rails, notamment par son efficacité dans la lutte contre l'usure ondulatoire.

Le traitement sorbitique doit être parachevé par le passage au four dans une certaine zone de températures.

Le passage au four est recommandable pour tous les rails afin d'éviter la tache ovale et des ruptures parfois catastrophiques.

De grands progrès se trouvent ainsi réalisés dans la tenue des rails et des bandages de roues; ils faciliteront sans doute l'augmentation sans risques de la vitesse des trains et la lutte de la voie ferrée contre la route.

Edmond Marcotte.

SUR LA RECONSTITUTION DE LA TECHNIQUE PICTURALE DE JEAN VAN EYCK

Les peintres anciens avaient à leur disposition des moyens picturaux que nous ne possédons plus aujourd'hui. Ces recettes, transmises oralement d'atelier en atelier, se sont perdues vers le milieu du XVIII[e] siècle. Si bien que devant les difficultés d'exécution qu'éprouvaient les artistes au début du XIX[e] siècle, devant les dégradations rapides de leurs œuvres, quelques techniciens se sont attaqués au problème de la reconstitution de ces anciennes recettes, sans d'ailleurs avoir

pu le résoudre, comme le déclare J.-L.-F. Mérimée[1] lui-même :

« Si je n'ai pas atteint, dit-il, le but que j'a-
« vais en vue, je l'aurai du moins signalé. J'au-
« rai tracé une route utile dans laquelle d'autres
« pourront s'avancer avec plus de succès. »

Nous avons suivi cette route et nous avons pu réaliser une émulsion susceptible de reproduire les effets que nous remarquons dans les peintures anciennes. En changeant le stabilisateur de cette émulsion, c'est-à-dire en utilisant, soit la gomme arabique, soit la colle de peau, nous nous rapprochons à notre gré, de la peinture flamande ou de la peinture italienne. Devant une pareille constatation, il semble difficile d'admettre que ce principe n'ait pas été suivi par les maîtres anciens.

***

Le fait de broyer des pigments colorés avec de l'huile de lin crue pour faire une couleur, procédé en usage de nos jours, a existé de tout temps. Le moine Théophile, au début du XIe siècle nous le décrit d'une façon explicite :

« Prenez les couleurs dont vous voulez vous
« servir, broyez-les soigneusement à l'huile, sans
« eau, et faites des mélanges de couleurs, pour
« les figures et les vêtements, comme vous avez
« fait ci-dessus avec l'eau, et vous peindrez avec
« leurs couleurs naturelles, comme il vous plaira,
« les animaux, les oiseaux et les feuillages...., à
« chaque fois que vous aurez à mettre une cou-
« leur, vous ne pourrez en superposer une autre
« jusqu'à ce que la première soit sèche, ce qui
« pour les images est trop long et trop ennuyeux. »

La seule différence que nous constatons entre cette technique et la technique moderne, est l'introduction d'un siccatif dans notre véhicule actuel. Ce siccatif supprime le feu ou le soleil dont les anciens avaient besoin pour obtenir une dessiccation plus rapide de leur peinture. Mais cela ne modifie en rien l'exécution du travail. La matière picturale, au moment de l'emploi est la même de nos jours qu'au temps de Théophile.

Ce même moine nous donne aussi la formule d'un vernis oléo-résineux : « Mettez de l'huile de
« lin dans un petit pot neuf, ajoutez de la gomme
« appelée « fornis » broyée très menue. Cette
« gomme ressemble à de l'encens fort clair, mais
« quand on la casse, elle produit un éclat plus
« brillant; après avoir placé sur des charbons,
« cuisez soigneusement, sans faire bouillir, jus-
« qu'à réduction d'un tiers. »

Ce vernis n'étant que le mélange d'une huile épaissie par évaporation avec une résine, il a les mêmes qualités ou défauts que l'huile de lin.

Les peintres préféraient au procédé à l'huile, dont la dessiccation était trop lente, la détrempe, l'œuf ou la fresque dont les inconvénients sont multiples.

Ces inconvénients sont :

1° Le changement de la couleur en séchant.

2° La dessiccation trop rapide qui empêche de mener le tableau avec ensemble.

3° La grande difficulté des reprises à cause de l'opacité de la matière.

***

Van Eyck arrive et trouve évidemment une peinture nouvelle. Son procédé introduit par Antonello de Messine en Italie consacre la gloire de ce dernier à la fin du XVe siècle. Son épitaphe est précise : « Non solum suis picturis in quibus sin-
« gulare artificium et venustas fuit, sed et quod,
« coloribus oleo miscendis, splendorem et perpe-
« tuitatem, primus italicæ picturæ contulit. »

Cette pierre tombale de 1496 consacre une invention qui ne peut être le procédé du moine Théophile, procédé auquel nous sommes revenus aujourd'hui. Il y a donc création d'une nouvelle technique par Jean Van Eyck, technique qui s'est perpétuée, à des degrés divers, jusqu'à la fin du XVIIIe siècle.

Le problème posé par Van Eyck à cette époque, était le suivant. Par quel moyen peut-on obtenir la siccativité des huiles? Cela ressort très nettement de la légende qui entoure cette invention, rapportée par tous les auteurs : Exposant au soleil un panneau qu'il avait presque achevé, l'ardeur du soleil le sépara en deux morceaux. Il chercha alors un moyen moins dangereux pour obtenir la dessiccation de ses peintures.

Ayant sans doute remarqué, en peignant, que les blancs de plomb et les terres d'ombre, c'est-à-dire que les carbonates de plomb et les oxydes de fer et de manganèse séchaient plus vite, l'idée de mélanger ces poudres à l'huile de lin ou au vernis de Théophile dut lui venir. Le mélange ne donnant rien à froid, il le fit cuire, et obtint un vernis, qui, contrairement à ceux que l'on connaissait alors, n'était plus « nappant » mais conservait au coup de brosse son « cordé ». Le progrès semblait énorme, mais, à l'usage, les ennuis se sont vite révélés.

Un tel vernis ne sèche jamais bien pour les raisons que nous donnerons plus tard. Ce genre de vernis « prenant » superficiellement assez vite, reste poissant au point qu'il est presque impossi-

1. Père de Prosper Mérimée.

ble de reprendre dessus. Le but n'étant pas atteint, il fallait trouver autre chose.

Au début du xv^e siècle Jean Van Eyck est pris entre deux techniques de peinture de qualités opposées.

a) Les peintures à base de colle, trop siccatives et trop couvrantes.

b) Les peintures à base d'huile ou de vernis, pas assez siccatives.

Il paraît impossible d'admettre que l'idée ne lui soit venue de faire une combinaison de ces deux techniques différentes. Or le mélange d'un corps huileux et d'une eau gommée ne pouvant s'obtenir que par émulsion, Van Eyck émulsionnera le vernis avec l'eau gommée.

Il obtint ainsi un onguent certainement analogue à celui que nous avons retrouvé et sa surprise dut être grande, de constater qu'à ses qualités de siccativité, cet onguent joignait des qualités picturales inouïes, qu'aucun des procédés antérieurs n'avait données. La qualité nouvelle de « fixité » de cet onguent, en permettant la superposition à frais d'une touche sur une autre transformait les possibilités de modeler et donnait à la peinture des moyens d'expression qu'elle ne pouvait imaginer jusqu'alors.

Après de nombreux essais, nous pensons que la technique de fabrication de cet onguent est la suivante :

1° une huile de lin de pays, cuite en présence de céruse, de litharge et de terre d'ombre;

2° cette huile cuite devient un vernis par la fusion à chaud d'une gomme résine;

3° ce vernis est émulsionné par l'adjonction d'une solution aqueuse de colle végétale ou animale.

Le rôle de cette colle est complexe. Elle stabilise la préparation (une émulsion de vernis dans l'eau pure est absolument instable).

Elle sert de fixateur à l'onguent au sens pictural de ce terme. Enfin elle joue un rôle prépondérant dans l'établissement d'une qualité fondamentale de la matière fixée : la transparence.

La forme physique de l'émulsion, la dimension des globules d'huile en émulsion, dépend de trois facteurs principaux :

1° la nature de l'huile;

2° la nature et

3° la concentration de la gomme en solution aqueuse.

Les huiles de lin employées doivent être de première extraction et pures de tout coupage avec des huiles de deuxième extraction.

Les sels de plomb et de manganèse (céruse, litharge et terre d'ombre) servent à sa dessiccation et contribuent à donner à la touche du « cordé ». Il est nécessaire d'atteindre un certain degré de cuisson du mélange. Ce degré est fonction du temps de chauffe.

Si la chauffe est courte, sa température doit être assez élevée.

Si la chauffe est lente, le degré doit en être inférieur.

La limite du degré de cuisson, à températures modérées, semble être un dégagement de certaines vapeurs, aux environs de 200 degrés.

Mais pour ces deux méthodes, il est nécessaire de suivre l'opération par la transformation de la couleur de l'écume qui doit atteindre une certaine qualité de roussissement difficile à décrire. C'est ce qui semble donner la préférence aux cuissons lentes et prolongées, où il est plus facile de suivre ces variations, trop rapides dans les cuissons élevées.

*
**

Van Eyck mélange son émulsion dans ses couleurs après le broyage de ses pigments à l'huile de lin crue, augmentant ainsi leur volume et leur donnant :

1° une plus grande transparence;

2° une plus grande consistance, l'émulsion ayant une fermeté propre.

L'opposition fondamentale entre la matière picturale des belles époques et la matière picturale moderne tient principalement à la transparence de la première s'opposant à l'opacité de la seconde.

Les raisons de cette transparence, dans la peinture ancienne, sont dues aux causes suivantes :

1° La fragmentation à l'infini des gouttelettes d'huile émulsionnées dans lesquelles viendra s'incorporer la substance pigmentaire.

2° L'interposition, entre ces gouttelettes huileuses d'un produit plus au moins transparent : colle végétale ou animale, suivant les écoles.

3° Le broyage à la main des pigments colorés étant moins violent que le broyage mécanique actuellement employé, le pigment ancien n'est pas aussi finement pulvérisé et laisse s'établir, de ce fait, un écart interpigmentaire plus grand, écart qui sera augmenté par l'introduction de l'émulsion, la couleur ayant été préalablement broyée à l'huile de lin.

Il en résulte :

1° une certaine épaisseur de la touche qui crée la transparence pour les pigments légers, l'agathisation pour les pigments couvrants.

Cette épaisseur renferme, en effet, une quantité relativement minime de pigments enrobés dans des gouttelettes de vernis huileux, ces gouttelettes opaques et colorées étant réparties dans un milieu semi-continu (gomme ou colle) plus ou moins

transparent, qui donne à la masse une certaine translucidité. La peinture moderne, par son nappage huileux et compact de pigments pulvérisés incorporés à un milieu opaque ne peut arriver à ce résultat.

2° Les réactions chimiques entre pigments et agents extérieurs (oxygène, gaz soufrés, etc.) sont pratiquement impossibles, puisque, après dessiccation ces pigments sont enrobés dans une gangue parfaitement sèche qui les isole et les protège.

***

La possibilité de dessiccation est complète.

La touche abandonnée à l'air, au lieu de sécher par sa seule surface, se dessèche dans sa masse même, par suite de l'évaporation partielle de l'eau incorporée, laissant de minuscules failles d'aération qui assurent la dessiccation des couches profondes presque en même temps que des couches superficielles.

Dans les huiles ordinaires la dessiccation commence par la surface en contact avec l'air. Il se forme d'abord une pellicule, la masse interne s'épaissit au détriment de son volume, il y a affaissement et rides de la pellicule superficielle, ce qui ne peut avoir lieu dans le cas de l'émulsion.

De plus, les couches inférieures, étant extrêmement longues à sécher, obéissent aux lois de la dilatation et de la rétraction, ce qui entraîne les vilains craquelés d'une surface qui n'est plus souple.

Des accidents analogues se produisent sur le sol après la pluie. Quand la dessiccation superficielle est rapide, il se forme une croûte que les réactions internes font craquer.

***

La matière ancienne a une qualité de fixité due à l'émulsion, qui permet, la pâte étant encore fraîche, de superposer une touche sur une autre, sans entraîner la pénétration des deux touches qui restent effectivement superposées.

Dans la matière moderne, le manque de fixité entraîne la fusion des touches et oblige d'attendre le séchage pour effectuer un travail utile. Si le peintre impatient de voir son effet, veut introduire une autre couleur, sur une couleur fraîche encore, il fait ainsi un mélange sur sa toile, cette nouvelle opération est inutile, puisqu'il peut aussi bien, sinon mieux, obtenir ce résultat sur sa palette, sans salir ses tons, comme sur son tableau.

Dans le procédé de Van Eyck, la colle de l'émulsion permet la fixation de la touche sur le panneau.

Dans les parties transparentes mêmes, parties qui seraient les plus glissantes, il n'y a ni glissement, ni fusion, mais bien superposition.

Aujourd'hui, les peintres sont obligés de superposer à sec, ce qui ôte la liaison du modelé. Tandis que, grâce à l'émulsion, dans le délié du pinceau, la touche s'amincit vers le moment où le pinceau quitte le panneau, la transparence devient plus grande par la minceur de la couche et laisse transparaître plus ou moins le dessous, ce qui fait une liaison parfaite pour l'œil, sans avilissement des matières par frottement du pinceau.

Suivant la qualité de la colle employée comme fixateur de l'émulsion, le produit obtenu est :

— transparent avec la gomme arabique;

— demi-transparent avec la colle de peau.

Il en résulte deux techniques différentes suivant l'un ou l'autre des procédés employés : la technique flamande et la technique italienne.

Dans les Flandres, les peintres ont besoin d'un onguent plus précis et plus brillant, alors qu'en Italie, une plus grande matité est nécessaire pour peindre de grandes surfaces dont le brillant gênerait la vue d'ensemble. Mais la transparence étant le principe fondamental de la coloration, les Flamands l'obtiennent « d'à primo » avec leur matière essentiellement transparente, tandis que les Italiens font d'abord le « lit de la peinture » comme dit le Titien, et obtiennent la transparence au second temps par des glacis (couleurs très diluées se rapprochant de l'aquarelle) qu'ils passent au pinceau ou à la paume de la main.

***

La connaissance de l'onguent ci-dessus décrit pourra :

1° aider les laboratoires des musées et leur permettre d'étendre le champ de leurs investigations;

2° donner aux restaurateurs un moyen de ne peindre que les seules blessures des tableaux, — leur couleur pouvant se raccorder d'une façon plus exacte avec les couleurs adjacentes;

3° permettre d'exécuter des tableaux dont la conservation sera mieux assurée, grâce à la dessiccation complète de la masse picturale et aux espaces interpigmentaires.

Le principe de l'émulsion permettant la superposition, l'exécution d'un tableau devient différente, le peintre peut modeler dans le frais, « former » dans la pâte et exalter ses qualités de dessinateur et de coloriste.

Jacques Maroger.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Boccardi (J.). — **Tables logarithmiques des factorielles jusqu'à 10.000.** — 1 *vol.* 8° *de* 36 *pages. En dépôt chez l'auteur à Savona (Italie), et chez M. Lucien Mager, professeur au Collège de Carpentras, France.* (*Prix :* 6 fr. 50.)

C'est une très heureuse contribution de l'éminent astronome, ancien directeur et fondateur du nouvel Observatoire de Turin, à la *pratique* du calcul des probabilités, trop longtemps négligée pour de vaines applications théoriques. Les tables de Degen, les premières calculées (*anno* 1824), n'existent plus qu'au nombre de quelques unités : il est vrai qu'elles viennent d'être reproduites, en raison de leur extrême rareté, dans le premier volume des tables de logarithmes à 10 décimales de MM. Peters et Stein; nous ignorons si elles ont été corrigées des quelques erreurs relevées par F.-J. Duarte; elles sont à 18 décimales et vont jusqu'à $n = 1.200$. Les tables de F.-J. Duarte, publiées en 1925 par l' « Office National Météorologique » ($n = 1$ à $n = 1.000$, 12 décimales (sont, croyons-nous, épuisées; quant aux secondes Tables de F.-J. Duarte, à 33 décimales, publiées à Genève en 1927, elles ne vont que jusqu'à $n = 3.000$, et nous pouvons dire qu'il n'en reste plus en librairie qu'un petit nombre d'exemplaires.

La bibliographie fort courte du sujet s'enrichit ainsi d'un nouveau volume extrêmement précieux pour le calcul exact des probabilités simples

$$(1) \qquad \frac{m!}{\alpha!\,(m-\alpha)!}\,p^{\alpha}q^{m-\alpha},$$

qu'on rencontre notamment en astronomie. Signalons que J. Boccardi insiste, avec des exemples numériques à l'appui, sur l'insuffisance de la fonction exponentielle comme représentation de la fonction binomiale (1).

R. de Montessus de Ballore,
Docteur ès sciences.

*
**

Haarbleicher (A.), *Ingénieur général de la Marine.* — **De l'emploi des droites isotropes comme axes de coordonnées.** — 1 *vol. in*-8° *de* 76 *pages. Gauthier-Villars, éditeur, Paris,* 1931. (*Prix : broché,* 13 *fr.*)

On désigne sous le nom de « coordonnées isotropes » les coordonnées cartésiennes prises par rapport à deux axes de coordonnées qui sont les deux droites isotropes passant par un point réel.

Les coordonnées isotropes ne sont pas une chose nouvelle, Salmon, dans sa « *Géométrie analytique* » (courbes planes) les cite sous le nom de « *Coordonnées circulaires* », Darboux, dans ses « *Principes de Géométrie analytique* » et Léry, « *Sur la Fonction de Green* » (*Annales de l'Ecole Normale supérieure*), Bickart (*Journal des Mathématiques spéciales*, 1907) en font usage dans des cas isolés. Cependant, aucun exposé didactique complet n'en a encore été fait, et elles ne sont pas classées comme les autres types de coordonnées. Pourtant, dans les études sur les triangles, il est souvent plus avantageux de prendre comme axes de coordonnées les droites isotropes, qui passent par le centre du cercle circonscrit au triangle, qui sont les asymptotes de ce cercle, plutôt que les coordonnées cartésiennes habituelles.

Les coordonnées trilinéaires sont utiles pour l'examen des propriétés projectives, mais elles ne sont plus intéressantes dès qu'il s'agit des propriétés métriques ou qu'interviennent les notions de distance ou d'angle. Au contraire, avec les coordonnées isotropes les formules concernant les distances et les angles, le parallélisme et la perpendicularité sont très simples.

Les coordonnées isotropes offrent les mêmes avantages que les coordonnées trilinéaires pour l'étude des propriétés projectives et conservent encore ces avantages pour les autres études. Mais, par ailleurs, la construction des courbes n'est généralement pas possible avec les coordonnées trilinéaires alors qu'elle peut être obtenue au moyen des coordonnées isotropes comme l'auteur le montre en présentant des formules de transformation très simples permettant de passer des coordonnées isotropes à des coordonnées rectangulaires. Ces formules apportent une solution à la question du choix d'axes rectangulaires convenables pour l'étude des triangles et elles conduisent à un mode de calcul nouveau dont les applications sont intéressantes. Ainsi les coordonnées isotropes fournissent une méthode générale qui permet de trouver de nouvelles propriétés géométriques dans l'étude des triangles et des courbes qui s'y rattachent.

Après avoir familiarisé le lecteur avec l'usage des coordonnées isotropes dans la première partie de son travail, et lui avoir fait connaître les principes des formules qui en facilitent l'emploi, il en vient, dans la deuxième partie, à montrer comment elles peuvent être utilisées en étudiant les droites de Simson, les trisectrices des triangles, le cercle polaire d'un point par rapport à un triangle, et enfin en traitant le problème de Darboux.

Il n'est pas douteux qu'après avoir étudié ces diverses applications les jeunes géomètres ne trouvent dans le nouveau procédé une source d'études particulièrement fécondes.

L. Potin.

2° Sciences physiques.

Smyth (Charles Phelps). — **Dielectric Constant and Molecular Structure.** — *1 vol. in-8° de 214 pages, The Chemical Catalog Company, New-York*, 1931. (*Prix : 4 dollars.*)

L'existence de la polarité de certaines molécules a été mise hors de doute par l'étude de la variation de la constante diélectrique des corps avec la température Comme Debye l'a montré il y a déjà une vingtaine d'années, le fait que la polarisation moléculaire de certaines substances varie linéairement en fonction de l'inverse de la température absolue permet de calculer avec quelque précision le moment électrique de leurs molécules. On obtient ainsi des renseignements précieux sur la structure même des molécules, surtout si l'on remarque, avec J. T. Thomson, que les molécules des corps organiques possèdent fréquemment un moment électrique résultant qui peut se calculer par addition vectorielle, à partir des moments des radicaux qui les constituent.

Cette méthode d'exploration des structures moléculaires a été d'abord l'œuvre de Debye et de ses élèves. Mais elle a été aussi pratiquée et développée dans d'autres pays, et l'auteur du présent ouvrage est un de ceux qui y ont apporté leur contribution personnelle. Son livre donne un tableau intéressant de l'état actuel du problème. Il peut être regardé comme un complément et une mise à jour du livre de Debye, intitulé *Polar Molecules*, dont la *Revue* a rendu compte en 1929.

Les trois premiers chapitres traitent des mesures de constantes diélectriques et des théories qui les rattachent à la structure moléculaire. Les trois chapitres suivants, les plus importants du livre, donnent les résultats obtenus, tant pour les molécules relativement simples de la chimie minérale que pour les molécules plus compliquées de la chimie organique. Les derniers chapitres traitent de questions plus spéciales, telles que la polarisation atomique et l'association moléculaire. Un appendice fort utile contient un tableau complet de tous les moments électriques moléculaires mesurés jusqu'à ce jour. L'exposé est très méthodique et assez complet; certains points ne sont touchés que sommairement, mais les références bibliographiques sont toujours suffisantes pour permettre au lecteur de se reporter aux mémoires originaux. En résumé, cet ouvrage est un instrument de travail précieux pour les physiciens et les chimistes qui s'intéressent à ces questions structurales si difficiles et si importantes aujourd'hui : il apporte à la fois des moyens d'initiation aux étudiants et des idées de recherches aux travailleurs des laboratoires.

Eugène Bloch.

***

Traité de Chimie minérale, *publié sous la direction de* Paul Pascal ; *secrétaire général* Paul Baud. — *Tome Ier :* **Eau. Air. Hydrogène. Oxygène. Halogènes.** — *1 vol. grand in-8° de 860 pages avec 160 figures.* (*Prix : 150 francs*). *Masson et Cie.*

La publication du « Pascal » qui vient de commencer est aujourd'hui un événement aussi important que le fut celle du « Moissan » dans les premières années du vingtième siècle. Moissan avait compris l'utilité de « faire le point » de la chimie minérale. Voici qu'une trentaine d'années plus tard M. Pascal a senti le vœu général de voir des chimistes qualifiés fixer l'état actuel de la chimie. Mais, si l'on songe aux préoccupations des chercheurs, à l'évolution rapide des idées, au développement grandiose dans les vingt dernières années de la physique et de la physico-chimie modernes, on se rend compte qu'il ne pouvait s'agir d'une mise au point pure et simple du traité de Moissan.

Le « Moissan » a été principalement un catalogue de faits, commodément classés, catalogue un peu trop succinct parfois pour une utilisation immédiate, mais relativement facile à compléter cependant grâce à une bibliographie importante. Tel qu'il était, il a rendu les plus grands services aux savants, aux industriels et aux professeurs à qui il était destiné.

Le « Pascal » est appelé à rendre d'abord les mêmes services. Les corps de la chimie minérale y seront passés en revue dans un ordre un peu différent. Le premier tome du traité actuel étudie l'air, l'eau, l'hydrogène, l'oxygène, l'ozone, l'eau oxygénée, les halogènes. Cet ordre permet, en particulier, de traiter les composés oxygénés du chlore immédiatement après le chlore et l'acide chlorhydrique. Le « Moissan » suivait l'ordre : hydrogène, fluor, acide fluorhydrique, chlore, etc..., oxygène, ozone, eau, eau oxygénée, composés oxygénés du chlore, etc... Dans le nouveau plan, la monographie de chaque métalloïde formera donc un ensemble plus satisfaisant.

Mais le premier tome paru accuse des différences qui vont plus loin que de simples questions d'ordre. Moissan avait laissé systématiquement dans l'ombre tout ce qui touche la chimie générale, la mécanique chimique et il n'avait abordé que quelques questions industrielles. Le point de vue de M. Pascal ne pouvait évidemment plus être le même. « Les méthodes et les tendances de la Chi-« mie ont été renouvelées depuis vingt-cinq ans. « L'attention toujours accrue donnée aux équili-« bres chimiques et à la cinétique des réactions, « l'intervention grandissante des radiations dans ces « phénomènes, l'utilisation de plus en plus fré-« quente des notions atomistiques et électroniques « dans l'explication des transformations, l'adoption « des techniques de la physique et de la métrologie « ne permettent plus de négliger ces nouvelles dis-« ciplines dans un traité de Chimie minérale.

« Nous avons donc, ajoute M. Pascal, rejeté les « scrupules énoncés par Moissan qui, dans la crainte « de ne pas laisser aux idées thermodynamiques « une place assez honorable dans son ouvrage,

« avait préféré donner à son exposé un caractère « plus strictement descriptif. Le lecteur verra ainsi « à chaque instant invoquer tous les principes de la « chimie physique susceptibles d'éclairer ou de coor- « donner les faits qui lui seront exposés; il se trou- « vera sans cesse en présence de diagrammes expli- « catifs ou suggestifs que nous n'avons pas ména- « gés. »

Ajoutons que les principes des méthodes industrielles sont donnés, non plus pour quelques questions, mais d'une façon systématique.

Le nouveau traité n'est donc plus un simple catalogue de faits étayé sur une bibliographie, mais un livre qui prend, grâce à la Chimie générale qui en est la trame, un aspect plus rationnel et plus méthodique. Il devient ainsi une œuvre plus nettement didactique.

A ce sujet, on lui fera peut-être même une critique. M. Pascal a consacré une cinquantaine de pages d'introduction à des remarques générales sur les nombreux graphiques utilisés dans l'ouvrage. Ces pages seront certainement très appréciées; mais, étant donnée l'importance des notions fondamentales et des notations de la chimie générale, on aurait souhaité trouver également au début une sorte de formulaire précisant une fois pour toutes les notations. Quelques pages, croyons-nous, y auraient suffi. La liste donnée pages 15 et 16 ne répond que très imparfaitement à ce desideratum. On s'en aperçoit, en particulier, à propos de la notion d'acide. Un paragraphe initial à ce sujet nous paraîtrait presque indispensable.

Il semble difficile, dans un ouvrage aussi étendu, d'éviter les fautes d'impression et... les coquilles. Pouvons-nous du moins demander qu'avec le tome II paraisse une feuille d'errata relatifs au tome I et ainsi de suite. Dans ce cas, on peut signaler, p. 468, une coquille regrettable, le mot *fort* imprimé au lieu du mot *faible* à propos de l'acide fluorhydrique.

Félicitons dès maintenant M. Pascal, ses collaborateurs et la librairie Masson que nos vœux accompagnent pour la bonne continuation d'un aussi beau travail.

Louis Zivy.

*
**

Berliner (Arnold) et **Scheel** (Karl). — **Physikalisches Handwörterbuch**, 2e édition. — 1 *vol. in-4° de* 1428 *pages, édité chez Julius Springer, Berlin*, 1932. (*Prix : broché*, 96 *marks ; relié*, 99,60 *marks.*)

L'apparition de la seconde édition du Dictionnaire de Physique de MM. Berliner et Scheel montre l'intérêt que cette publication a suscité dans le monde des physiciens et des ingénieurs, tout au moins dans les pays de langue allemande. La nouvelle édition est considérablement augmentée par rapport à celle de 1924, son étendue a passé de 900 à 1400 pages. Une centaine de collaborateurs ont rédigé et signé les divers articles. Le domaine traité est extrêmement vaste : il comprend, outre la Physique proprement dite, une foule de questions se rattachant à l'Astronomie, à la Météorologie, à la Géophysique, à la Géodésie, à la Géologie, à la Chimie physique. Le but de l'ouvrage est de permettre aux personnes désireuses de se renseigner rapidement, quoique sommairement, sur une question quelconque se rattachant à la Physique, de pouvoir le faire en toute sûreté. Malgré l'inégalité inévitable de qualité des divers articles, on peut dire que ce but est convenablement atteint; certains articles sont même remarquablement rédigés, et l'ensemble du livre peut être vivement recommandé à tous ceux qui portent intérêt à la Physique.

E. B.

*
**

Thomas (V.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, Directeur honoraire de l'Institut de Chimie et de Technologie.* — **Leçons de Chimie organique**. — 1 *vol. gr. in-8° de* 1003 *p.* (*Prix : 118 fr.*). *Dunod, éditeur, Paris*, 1932.

Voici, brièvement résumée, la disposition des matières de ce gros ouvrage, divisé en 78 chapitres, qui reproduit avec quelques développements un cours professé par l'auteur.

Quelques généralités sur le carbone et les combustibles et sur les fonctions et les principes de la nomenclature servent d'introduction.

Puis l'auteur étudie successivement les carbures aliphatiques, saturés et non, leurs dérivés halogénés, les dérivés organométalliques, les alcools, les éthers-oxydes et les éthers-sels, les aldéhydes et cétones, les hydrates de carbone, les acides, les amides, les nitriles, les amines et sels d'ammonium, les acides sulfoniques et thio-composés. Au cours de cette première partie, deux chapitres spéciaux introduisent les notions de carbone asymétrique et de stéréochimie, puis celles d'action diastasique et de fermentation.

M. Thomas aborde ensuite l'étude du noyau benzénique et des corps qui s'y rattachent : carbures simples et substitués, à noyaux benzéniques soudés, directement ou par l'intermédiaire d'une chaîne acyclique, à noyaux benzéniques accouplés, dérivés sulfonés, halogénés, nitrés, à fonctions d'alcool, d'aldéhydes, de cétones, d'acides, d'amides, de nitriles, d'amines, de diazoïques et d'azoïques, de phénols, d'acides-phénols, d'amino-phénols, de quinones, d'imines.

Enfin l'ouvrage se termine en passant en revue les dérivés à noyaux polyméthyléniques, avec les terpènes, le camphre, etc., à noyaux oxygénés, soufrés, azotés (pyrol, pyridine, quinoléine, diazines, etc...), pour aboutir aux alcaloïdes et aux matières albuminoïdes et terminer par les combinaisons organiques du phosphore et de l'arsenic.

L'exposé de l'auteur se signale par une très grande clarté que rehaussent la disposition et les caractères typographiques adoptés. Aussi ce cours sera-t-il bien accueilli par les candidats à la licence et par les élèves des instituts et écoles de chimie.

L. Brunet.

***

Getman (Fred. H.), *ancien Professeur adjoint de Chimie au Collège de Bryn Mawr.* — **Outlines of theoretical Chemistry** (Eléments de Chimie théorique). *5e édition, revue et remaniée par* F. Daniels, *professeur de Chimie à l'Université du Wisconsin.* — *1 vol. gr. in-8° de 643 p. avec 180 fig.* (*Prix : relié, 22 sh. 3 d.*) *John Wiley and Sons, New-York ; Chapman and Hall, London,* 1931.

Depuis la première édition, parue en 1913, cet ouvrage est devenu classique dans les pays anglo-saxons. A l'occasion de la cinquième édition, qui vient de voir le jour, il a été soumis à des remaniements étendus, qui le mettent tout à fait au niveau des derniers progrès de la science.

Le succès permanent de ce livre auprès des débutants en Chimie physique paraît tenir à la simplicité et la clarté de l'exposition, l'emploi de modèles et de mécanismes pour faciliter l'intelligence de certains sujets, la limitation de l'emploi des mathématiques au strict nécessaire, l'indication à la fin de chaque chapitre d'un grand nombre de problèmes pour un certain nombre desquels la solution est donnée.

Nous ne pouvons que lui souhaiter de poursuivre longtemps sa carrière.

L. B.

3° Sciences naturelles.

Needham (Joseph). — **Chemical Embryology.** *Cambridge University Press,* 1931. — *3 vol. grand in-8°, 2021 p., 15 pl. hors texte, 532 fig.* (*Prix : £, 5,5s*).

Comme le montrent déjà suffisamment les indications bibliographiques ci-dessus, c'est un véritable et imposant monument que M. Needham vient d'élever et qui arrive à son heure. L'embryologie a été jusqu'à une période toute récente presque exclusivement morphologique. Puis s'y est développée l'analyse expérimentale de la morphogenèse. Celle-ci est avant tout une suite de divisions cellulaires et une différenciation entre les cellules produites pour réaliser les divers organes de l'individu. La succession des divisions cellulaires est essentiellement un problème d'énergétique, la différenciation, un problème chimique, car les divers tissus diffèrent avant tout par des propriétés structurales liées à la constitution chimique et à l'arrangement physique de la substance des diverses cellules. Pour prendre un cas typique, le développement de l'œuf de poule en un poussin apparaît comme la transformation de la masse homogène du vitellus jaune en l'ensemble des divers tissus et substances dont se compose le poussin. M. Needham a entrepris de rassembler et de critiquer tout ce qui est connu à cet égard. Il a lui-même apporté à ces questions des contributions approfondies et nombreuses, dont plusieurs dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie.*

On ne peut prétendre ici résumer son ouvrage mais seulement indiquer les parties dont il se compose. L'auteur commence par un examen d'ordre philosophique, mais qui le conduit à se placer aussi complètement que possible en dehors de toutes conceptions vitalistes. Il retrace ensuite, depuis l'antiquité, l'origine et les progrès des connaissances embryologiques (p. 41-230).

C'est après cela que commence véritablement la partie essentielle de l'ouvrage qui se compose de vingt-quatre sections : 1. *L'œuf non fécondé considéré comme un système physico-chimique* (p. 231-367). 2. *Croissance en taille et poids* (p. 368-540). 3. *Croissance et complexité d'organisation* (p. 541-614). 4. *Respiration et calorimétrie de l'embryon* (p. 615-776). 5. *Phénomènes biophysiques* (osmose, etc.) *dans l'ontogénèse* (p. 777-838). 6. *Métabolisme général de l'embryon* (p. 839-945). 7. *Energétiques et source d'énergie dans le développement embryonnaire* (p. 946-999). 8. *Métabolisme des corps hydrocarbonés* (p. 1000-1054). 9. *Métabolisme des protéines* (p. 1055-1145). 10. *Métabolisme des nucléines et des corps extractifs azotés* (p. 1146-1152). 11. *Métabolisme des graisses* (p. 1163-1197). 12. *Métabolisme des lipoïdes, des stérols, du phosphore et du soufre* (p. 1198-1254). 13. *Métabolisme minéral* (p. 1255-1289). 14. *Les enzymes dans l'ontogenèse* (p. 1289-1334). 15. *Les hormones dans l'ontogenèse* (p. 1335-1358). 16. *Les vitamines dans l'ontogenèse* (p. 1359-1367). 17. *Les pigments dans l'ontogenèse* (p. 1368-1382). 18. *Résistance et sensibilité dans la vie embryonnaire* (p. 1383-1443). 19. *Sérologie et immunité dans la vie embryonnaire* (p. 1444-1455). 20. *Chimie du placenta* (p. 1456-1484). 21. *Chimie de la barrière placentaire* (p. 1485-1533). 22. *Chimie de l'allantoïde et du liquide allantoïdien* (p. 1534-1564). 22. *Le sang et la chimie des tissus de l'embryon* (p. 1565-1594). 24. *L'éclosion et la naissance* (p. 1595-1612).

On voit donc, par le simple énoncé de ces titres de chapitres, combien toutes les phases et tous les aspects du développement sont méthodiquement dépouillés. Chacun de ces chapitres est lui-même un dépouillement minutieux de tous les travaux publiés et d'où sont extraites toutes les données numériques, les graphiques qui les résument, les formules mathématiques qui traduisent les lois qui s'en dégagent. Il y a donc là un inventaire méthodique de tous les documents actuellement publiés, qui fait de cet ouvrage un répertoire infiniment précieux pour toute recherche d'ordre physiologique (au sens le plus large) sur le développement. Si l'œuf d'oiseau, dans la plupart des chapitres, est la base généralement choisie, de nombreux autres développements sont aussi considérés. L'auteur a dépouillé une bibliographie énorme (l'index bibliographique, réduit aux noms des auteurs et à l'indication abrégée du titre et de la tomaison des ouvrages, sans mentionner les titres mêmes des mémoires, occupe 242 p. : 1727-1968) et l'on a plaisir à constater qu'en particulier les travaux français sont très complètement utilisés.

Un chapitre spécial (*Epilegomena*, p. 1613-1665)

est consacré à divers problèmes biologiques généraux, souvent moins immédiatement réductibles à la chimie pure. Tels sont l'évolution générale des œufs séparés du milieu (*cleidoïques*), les rapports entre la biothermie et la morphogénèse, la théorie de la récapitulation phylogénétique, etc... Needham y condense en trente-deux propositions, les notions fondamentales qui lui semblent se dégager de l'état actuel de nos connaissances et termine, comme il avait commencé, par des considérations d'ordre philosophique.

Il faut mentionner enfin, en appendices (p. 1669-1724) : des tables de données numériques sur la croissance des embryons; une courte note sur la chimie de la maturation de l'œuf (que l'auteur considère comme en dehors de l'objet de son livre, limité à l'intervalle entre la fécondation et la naissance); un étude (de Mrs D.-M. Needham) sur les transformations chimiques au cours de la métamorphose des Insectes — surtout des Lépidoptères — (p. 1865-1710), qui offrent beaucoup d'analogie avec l'embryologie (car il s'agit là aussi d'un système clos n'échangeant avec le milieu que de l'oxygène, de l'acide carbonique et de l'eau); enfin une autre courte étude (par M. E. Robinson) sur les transformations chimiques dans la germination de la graine des plantes.

Tel est le très riche contenu de cet important ouvrage, le premier de son genre, et qui doit s'imposer comme un répertoire indispensable dans tout laboratoire où l'on étudiera les problèmes physiologiques ou physico-chimiques de l'embryogenèse. M. Needham y a apporté des qualités éminentes d'ordre et de clarté, en même temps qu'une élégance d'esprit particulière, qui lui a fait ne pas en bannir tout le côté historique et philosophique.

M. Caullery,
Membre de l'Institut.

*
**

Joyet-Lavergne (Ph.). — **La théorie physico-chimique de la sexualité.** — 1 *vol. in*-12° *de* 102 *pages, librairie G. Doin et Cie, Paris*, 1932. (*Prix : broché*, 10 *francs.*)

Ecrit avec une grande clarté, une simplicité très avertie et une conviction pleine d'entrain, ce petit livre, qui résume des conférences faites au Collège de France, contient l'esssentiel des vues neuves apportées par l'auteur dans l'étude du problème de la sexualité. Il s'adresse à tous ceux qu'intéressent les sciences naturelles. Il plaira aux hommes du métier, qui y trouveront le plan habilement tracé de l'ensemble de la question et qui éprouveront le désir d'en suivre le développement dans une monographie publiée récemment par l'auteur (*Protoplasmamonographien*, t. V.). Il donnera aux étudiants et aux amateurs l'occasion de prendre sans peine une idée claire de l'un des problèmes les plus ardus de la Biologie.

L'auteur, s'appuyant sur l'identité des caractères essentiels de la reproduction chez tous les êtres, depuis les plantes jusqu'aux Mammifères, montre que la sexualité ne peut être élucidée que si on la rattache à quelque propriété générale de la matière vivante. Il expose rapidement l'importance et les défauts de la théorie chromosomique, d'une part, et de la conception hormonale, d'autre part, puis il met en évidence le contraste qui existe entre la constitution du cytoplasma mâle et celle du cytoplasma femelle; ce contraste, il l'a étudié chez les Sporozoaires, et il montre comment les constatations d'autres auteurs, faites sur d'autres êtres, viennent corroborer les siennes. De ses recherches il tire la notion de la sexualisation protoplasmique, qui précède celle du noyau : *polarisation sexuelle de la cellule*, non pas primitive, mais acquise sous l'influence des conditions extérieures et capable de se renverser lorsque ces conditions viennent à changer. Potentiel d'oxydo-réduction (*r*H) plus faible dans la cellule polarisée dans le sens femelle, prédominance des lipoïdes dans le cytoplasma mâle, des graisses dans le cytoplasma femelle, tels sont les caractères essentiels que l'auteur a précisés dans les deux lois de la sexualisation cytoplasmique qu'il a énoncées.

Ces lois se vérifient, entre autres preuves, par l'étude des spores isomorphes d'une Prêle (*Equisetum arvense*) où l'auteur a réussi à distinguer, sans contestation possible, les mâles des femelles par la seule détermination du *r*H; elles se vérifient par l'explication qu'il a donnée du mécanisme de la célèbre « réaction de Manoïloff », réaction empirique, très délicate, qui permet de diagnostiquer le sexe par l'examen du sang; enfin elles trouvent encore une confirmation dans certains phénomènes physiologiques tels que le « métabolisme de base », ou pathologiques, tels que l'avitaminose B.

Pour conclure, l'auteur montre très clairement que, seule, une théorie physico-chimique de la sexualité est capable de donner à ce problème une solution scientifique, qui apportera peut-être en même temps des renseignements sur le « mécanisme intime et profond des phénomènes de la vie ».

J. Nageotte,
Professeur au Collège de France.

4° Sciences diverses.

Potin (L.). — **Formules et Tables numériques concernant les Opérations financières, Le Calcul numérique, Conseils sur l'art de calculer.** — 1 *vol. grand in* 8° *de* III-575 *p. avec de nombreux graphiques et figures, relié. Béranger, éditeur à Paris et à Liège*, 1931. (*Prix, relié : 225 francs.*)

Cet ouvrage est divisé en sept parties : opérations financières à court terme, disons : prêts à intérêts simples, comptes courants et d'intérêts, escompte, annuités à intérêts simples. — Opérations financières à long terme relatives à un capital indivisis, soit : prêts à intérêts composés, escompte à intérêts composés; comptes courants à intérêts composés; annui-

tés; amortissements par annuités constantes et variables; prêts hypothécaires. — Opérations financières à long terme concernant un capital divisé en coupures : titres remboursables par tirage au sort; usufruit et nue propriété des titres; types divers d'obligation (9 types). — Fiscalité concernant les opérations de Bourse, les valeurs mobilières, les effets et papiers de commerce ou de banque; droits de courtage, fiscalité concernant les valeurs mobilières, influence de la fiscalité sur le prix des valeurs. — Opérations de bourse et de banque : achats et ventes de valeurs mobilières, reports, prêts sur titres. — Monnaies, matières d'or et d'argent. — Change et arbitrage (p. 79 à 290).

Qu'on ne croie pas avoir ainsi une vue complète de ce volume, il s'en faut. Ces pages, qui en sont la partie maîtresse, sont précédées de conseils sur l'art de calculer, où l'auteur est passé maître (p. 1-78) et sont suivis de tables numériques extrêmement étendues (p. 294-558). En plus des tables d'intérêts concernant les actuaires et donnant toute satisfaction à ceux-ci (p. 298 et 513), on trouve diverses tables usuelles, tel un calendrier perpétuel nomographique, les factorielles, les arrangements, permutations, combinaison, puissances, racines, fort bien comprises au point de vue numérique, des tables de mesures franco-anglaises-américaines, principalement.

J'ai réservé pour la fin le relevé des *Conseils sur l'Art de calculer* (p. 1 à 74) qui sont un petit chef-d'œuvre : règles à suivre pour les calculs en général (précision du résultat et des données du calcul, choix des tables et des formules, types de calcul, moyens graphiques, recherche des erreurs, etc.), les opérations arithmétiques exactes mais rapides, les opérations arithmétiques abrégées, les approximations numériques (insistons sur ce sujet magistralement traité), l'usage des tables numériques et de l'interpolation, les séries numériques, et j'en passe.

Un Index alphabétique, une Table extrêmement détaillée (16 pages) donnent toutes les facilités possibles pour se servir du volume.

Qu'il nous soit permis de féliciter l'auteur d'avoir mené à bien ce travail considérable et de lui prédire que son livre aura un gros succès.

R. de Montessus de Ballore,
Docteur ès sciences.

***

Pacotte. (J.) — **La Pensée technique.** — 1 *vol. in-8° de* 156 *pages de la Bibliothèque de Philosophie contemporaine. Alcan, éditeur. Paris*, 1931. (*Prix, broché* : 15 *francs.*)

M. Julien Pacotte, qui est un auteur déjà connu, développe ici une idée qui ne manque pas d'originalité. C'est qu'on a trop souvent une tendance à considérer les applications scientifiques comme relevant d'un domaine de pensée inférieur au domaine de la recherche abstraite. Mais cependant, l'homme intelligent et actif ne fait rien sans penser. Il peut donc y avoir une pensée technique, qui non seulement réalise intelligemment, mais qui jouit aussi de la création dont le caractère utilitaire n'enlève pas l'attrait.

La technique simplifie l'expression mathématique des phénomènes; elle porte ainsi au plus haut degré l'intelligibilité de la nature, comme le dit en propres termes très heureux, l'auteur lui-même.

La machine n'est évidemment jamais une abstraction, mais elle a été imitée dans nombre de théories abstraites, par exemple par les physiciens mathématiciens de l'école anglaise.

Il y a une transformation technique des phénomènes; la cinématique peut intéresser l'ingénieur autant que la géométrie. L'enregistrement est équivalent à la constitution d'une mémoire. La spacialisation du temps équivaut à l'espace temps. Il y a une orientation actuelle de la physique mathématique en rapport avec la conception technique de la physique. On cherche le réel, l'accessible, moins que le schéma abstrait. Les radiations issues de l'atome sont plus intéressantes que ce qui peut se passer à son intérieur. D'où l'abandon, au moins partiel, en mécanique ondulatoire, des trajectoires intra-atomiques de Bohr.

M. Pacotte imagine l'industrie comme devant attendre beaucoup des mécaniques nouvelles; l'éclosion utilitaire de l'atome sera peut-être, en effet, une révélation analogue à celle que le feu apporta aux premiers hommes.

Les techniques de l'avenir vaudront des philosophies avec moins de sérénité sans doute, mais avec plus d'action.

A. B.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

SOCIETE DE BIOLOGIE

Séance du 5 Décembre 1931.

MM. **F. Maignon** et **M.-A. Chahine** : *Influence de l'addition de vitamines sur les périodes de fixité de poids et de survie, chez les Rats blancs soumis aux régimes ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides.* Dans toutes les expériences d'alimentation de Rats blancs à l'aide de mélanges ovalbumine-graisse, ovalbumine-glucides, donnés à discrétion, les périodes de fixité de poids et de survie sont toujours plus longues, lorsque l'ovalbumine est associée à la graisse que lorsqu'elle est donnée avec des glucides, que la ration comporte ou non des vitamines. La présence de vitamines ne fait qu'allonger la durée de ces périodes tout en laissant substituer un avantage net en faveur des graisses, en ce qui concerne l'utilisation de la protéine. — M. René **Hazard** et Mlle Lise **Wurmser** : *Action du magnésium sur l'excitabilité du sympathique.* Le chlorure de magnésium à doses fortes, alors qu'il touche peu l'excitabilité électrique des accélérateurs cardiaques, augmente l'action accélératrice de l'adrénaline. Il exerce une action dépressive sur le splanchnique et les vasoconstricteurs, surtout ceux du rein. — MM. **H. Laugier** et **W. Liberson** : *Variations de la chronaxie des antagonistes dans la fatigue d'un mouvement volontaire.* La chronaxie des extenseurs (antagonistes) subit des modifications nettes au cours de la fatigue et de la réparation d'un mouvement où les fléchisseurs (agonistes) sont actifs. L'évolution de ces modifications est assez différente suivant qu'il s'agit d'un épuisement rapide ou d'un épuisement lent. — MM. **L. Nattan-Larrier** et **B. Noyer** : *Ultrafiltration et action anti-Trypanosome du sérum humain.* Le sérum humain, filtré sur les membranes K 600, possède encore son pouvoir curatif qui est abaissé; il conserve aussi son pouvoir protecteur qui est plus fortement diminué. Filtré sur membrane K 250 le sérum possède encore un faible pouvoir curatif, mais a perdu tout pouvoir protecteur. Peut-être le pouvoir curateur et le pouvoir protecteur du sérum humain correspondent-ils à deux substances différentes qui n'ont pas le même indice de filtrabilité? — M. **Raymond Hamet** : *Démonstration expérimentale de l'inversion par la yohimbine de l'action vasoconstrictive de l'adrénaline.* Des expériences faites sur les vaso-moteurs de la patte postérieure, d'une part d'un Chien normal, d'autre part d'un Chien yohimbinisé, démontrent indéniablement qu'une dose d'adrénaline, qui produit une vasoconstriction très nette chez l'animal normal, provoque au contraire la vasodilatation chez l'animal qui a été soumis à l'action de la yohimbine. Chez les Mammifères, l'action vasoconstrictive de l'adrénaline est donc transformée par la yohimbine en une action vasodilatatrice. — MM. **L. Bugnard** et **L. Lescœur** : *Variations du chlore sanguin sous l'influence de la cure alcaline.* Tout se passe comme si le premier effet de la cure de Vichy tendait à substituer chez les diabétiques, à une acidose habituelle causée par des acides fixes préexistants, une acidose carbonique plus ou moins prononcée et plus ou moins durable. — MM. **S. Nicolau, L. Cruveilhier** et **L. Kopciowska** : *Interprétations des modifications histologiques provoquées par la vaccination antirabique dans le système nerveux des Lapins.* Les réactions du tissu nerveux à la vaccination antirabique : mobilisation des éléments de défense, disposition particulière des corps de Nissl dans les neurones, intumescence du noyau dans certaines cellules nerveuses, ne sont autres choses que la réponse du tissu sensible à l'incitation provoquée par la présence du virus-vaccin. Ce dernier se comporterait ainsi comme un stimulant des moyens de défense du système nerveux. Au lieu d'assister à des processus destructifs ou dégénératifs comme dans les infections pathogènes, on assiste, en effet, à un processus de régénérescence, d'hyperactivité du système nerveux. — MM. **V. Sertic** et **N. Bulgakov** : *Lysines de Bactériophages présentant différentes thermorésistances.* Les auteurs ont constaté que la lysine du coliphage « XLIX » est plus thermorésistante que celle du bactériophage « Fcz ». Or ces différences dans la thermorésistance ne tiennent pas à la quantité de lysine examinée. Il faut donc conclure que les Bactériophages produisent des lysines de qualité différente. — M. **Néda Marinesco** : *L'action diathermique d'un champ de haute fréquence sur les plantes.* L'étude a été faite sur les trois espèces suivantes : *Araucaria, Geranium et Fuchsia.* L'auteur a constaté que, soit avec un champ statique, soit avec un champ de haute fréquence d'intensité convenablement dosée, on peut accélérer la montée de la sève. Ces conclusions permettent de penser qu'un forçage électrique et rationnel des plantes est possible. — MM. **Maurice Villaret, L. Justin-Besançon, Serge Doubrow** et **Roger Even** : *Etude histochimique des pigments ferrugineux dans les cirrhoses pigmentaires.* On connaît dans les cirrhoses pigmentaires deux pigments ferrugineux : l'hémosidérine et l'hémofucsine. Ces deux pigments diffèrentes sentiellement par leur degré d'oxydation : dans l'hémosidérine, le fer est à l'état d'ion trivalent, et dans l'hémofucsine à l'état d'ion bivalent. — MM. **M. Sendrail** et **A. Lamarche** : *Les variations de l'équilibre acide-base dans le diabète hypoglycémique à la phlorizine.* — MM. **Boris Ephrussi** et **Georges Teissier** : *Sur la croissance résiduelle des cultures de fibroblastes.* Deux facteurs suffisent à expliquer quantitativement la croissance résiduelle des cultures de fibroblastes. Le plus important est l'épuisement graduel de certaines substances qui paraît corrélatif de la croissance des cultures entretenues sans extrait embryonnaire. Le deuxième facteur est la localisation périphérique de la plupart des mitoses. Il ne semble pas que dans le cas étudié l'accumulation des déchets intervienne sensiblement pour ralentir la croissance. Une formule est proposée pour traduire la marche de cette croissance.

Le Gérant : Gaston DOIN.

Sté Gled'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 2-32.